

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. А. Гришкевич, В. Н. Гаранин

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ, УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РЕЗАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Рекомендовано

*учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям*

1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации

*1-36 05 01 03 «Машины и оборудование деревообрабатывающей
промышленности», 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих
производств», 1-08 01 01-04 «Профессиональное обучение (деревообработка)»*

Минск 2014

УДК 674:023(076.5)
ББК 37.13я73
Г85

Рецензенты:

доктор технических наук, заведующий отделом объемных гетерогенных систем ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
профессор кафедры «Технология и оборудование машиностроения»
УО «Барановичский государственный университет»

А. В. Алифанов;
кафедра «Новые материалы и технологии»
Белорусского национального технического университета

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Гришкевич, А. А.

Г85 Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 03 «Машины и оборудование деревообрабатывающей промышленности», 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств», 1-08 01 01-04 «Профессиональное обучение (деревообработка)» / А. А. Гришкевич, В. Н. Гаранин. – Минск : БГТУ, 2014. – 90 с.
ISBN 978-985-530-340-5.

В учебно-методическом пособии рассмотрен процесс механической обработки древесных материалов и описана техника безопасности работы на деревообрабатывающем оборудовании, в том числе и на машинах с числовым программным управлением (ЧПУ). Приведены основные формулы, используемые при решении конструкторских и технологических задач, теоретические сведения о рассматриваемых технологических процессах, описаны лабораторные установки и даны методические указания по выполнению лабораторных работ.

**УДК 674.023(076.5)
ББК 37.13я73**

ISBN 987-985-530-340-5

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2014
© Гришкевич А. А., Гаранин В. Н., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теория механической обработки древесины и древесных объясняет сущность процесса резания, раскрывает законы образования поверхностей изделий, выясняет участвующие в процессе факторы и дает им качественную и количественную оценку.

Знания теории резания необходимы, в первую очередь, для освоения методов решения практических задач, связанных с назначением режимов резания, расчетами работоспособности режущих инструментов и узлов машин.

Теория резания формирует у будущих инженеров научно обоснованный подход поиска путей с целью улучшения качества поверхности при механической обработке, уменьшения затрат энергии на резание, экономного расходования материалов.

Теоретической базой для теории резания древесины и древесных материалов служат такие науки, как математика, теоретическая механика, механика материалов и конструкций и др.

Источником новых знаний и началом всякой теории является эксперимент – главное орудие метода познания, на котором основывается наука. Лишь эксперимент, позволяющий получить повторяющиеся результаты и поддающийся воспроизведению разными исследованиями, дает возможность установить или подтвердить научную истину.

Лабораторные работы по резанию древесины призваны дать студентам первичные навыки ведения экспериментального исследования, познакомить с контрольно-измерительной аппаратурой, научить анализировать полученные в эксперименте данные.

Настоящий практикум написан в соответствии с программой курса «Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания». В лабораторных работах рассматриваются сложное резание, измерение и оценка силовых, мощностных и качественных параметров при механической обработке древесины, работа на машинах с ЧПУ (числовым программным управлением) и составление для них управляющих программ.

Авторы выражают благодарность кандидату технических наук Раповцу В. В., кандидату технических наук Аникеенко А. Ф. за оказанную помощь при подготовке учебно-методического пособия.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Цели и этапы проведения лабораторных работ

Цель проведения лабораторных работ – закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях и практических занятиях.

Лабораторные работы по курсу «Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания» предусматривают получение практических навыков и более глубокое изучение следующих вопросов данной науки:

- сложное резание;
- измерение и оценка силовых и мощностных параметров механической обработки древесины и древесных материалов при сложном резании;
- умение работать на машинах с ЧПУ и составлять для них управляющие программы;
- технология получения продукции установленного качества обработанной поверхности с учетом геометрических параметров инструмента и расчета режимов его эксплуатации.

Организация лабораторных работ

Для эффективного проведения занятий в учебных лабораториях каждую работу студенты должны выполнять подгруппами численностью не более 15 человек. В производственных условиях предусматривается индивидуальное выполнение. Такое закрепление знаний позволяет проявить самостоятельность при получении навыков технических измерений и изучении конструкции лабораторных установок (лабораторных стандов) на базе промышленных машин с ЧПУ, конструктивных элементов инструмента, а также практически освоить приемы, связанные с непосредственной эксплуатацией дереворежущего инструмента.

До начала занятий студент обязан изучить соответствующие методические указания выполнения лабораторной работы. Степень подготовки студента устанавливается исходя из его ответов на контрольные вопросы. Неподготовленные студенты к занятиям в лаборатории не допускаются.

Допущенные к выполнению лабораторной работы студенты получают контрольно-измерительный инструмент, а при необходимости и дополнительную методическую и техническую документацию.

Следует отметить, что к лабораторной работе допускаются студенты, которые изучили правила по технике безопасности и получили вводный инструктаж по каждому виду работ.

По работам, выполненным в производственных условиях, представляются отчеты.

Содержание занятий

Общее количество и номенклатуру выполняемых лабораторных работ определяет преподаватель в зависимости от количества учебных часов и специальности, по которой студенты проходят обучение.

Каждый студент обязан выполнить задание по лабораторным работам и представить результаты в виде отчета. В отчетах должны быть отражены название работы и цель практического обучения, методика и последовательность выполнения работы, измерительные средства и результаты измерений с указанием погрешностей. Каждая лабораторная заканчивается выводами о результатах выполнения работ, а индивидуальный отчет должен быть защищен на последующих занятиях.

Форма заданий и структура каждой лабораторной работы приведены в приложении данного учебно-методического пособия. Текстовые и расчетные части отчетов оформляются в рукописной или машинописной форме с учетом необходимых требований к их выполнению.

Техника безопасности

Общие положения

Опасная зона – это пространство, в котором возможно действие на работающего опасного и (или) вредного производственного фактора [1].

При работе на деревообрабатывающем оборудовании опасность локализована в пространстве вокруг движущихся элементов: режущего инструмента, обрабатываемых деталей, зубчатых, ременных и цепных передач, рабочих столов станков, конвейеров и т. д.

Размеры опасной зоны в пространстве могут быть постоянными (зона между вальцами, ремнем и шкивом) и переменными (зона резания при изменении режима и характера обработки, смене режущего инструмента и т. д.).

Наличие опасной зоны может быть обусловлено опасностью поражения электрическим током, шумом, вибрацией, ультразвуком, возможностью травмирования отлетающими частицами материала, инструмента, вылетом обрабатываемого материала и др.

При эксплуатации технологического оборудования необходимо наличие устройств либо исключающих возможность контакта человека с опасной зоной, либо снижающих эту опасность.

Несмотря на большое разнообразие технологического оборудования по назначению, устройству и особенностям эксплуатации, к нему предъявляются требования безопасности, определенные ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ [2].

Все применяемые в конструкциях машин и механизмов средства защиты по принципу действия можно разделить на оградительные, предохранительные, блокирующие, сигнализирующие и специальные.

Требования безопасности к производственным процессам

Требования безопасности к производственным процессам регламентируются ГОСТ 12.3.002–75 ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности». Согласно указанному стандарту, **безопасность производственных процессов** должна быть обеспечена: выбором технологических процессов, а также приемов, режимов работы и порядка обслуживания производственного оборудования; размещением производственного оборудования и организацией рабочих мест и др.

Специальные требования безопасности к отдельным технологическим процессам устанавливаются соответствующими стандартами подсистемы 3 ССБТ, например ГОСТ 12.3.04–88 ССБТ «Деревообрабатывающие производства. Общие требования безопасности» и т. д.

Требования безопасности к производственному оборудованию

Основополагающим стандартом, определяющим требования безопасности к производственному оборудованию, является ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [2, 3].

Безопасность оборудования, согласно указанному стандарту, обеспечивается: выбором рациональных схем конструкций производственного оборудования и их безопасных элементов; применением в конструкциях оборудования механизации, автоматизации, дистанционного управления, средств защиты, автоматической сигнализации, автоблокировок; герметизацией оборудования, применением средств улавливания и очистки загрязненного воздуха; снижением генерируемого шума; виброизоляции оборудования; выполнении требований эргономики; включением соответствующих требований безопасности в техническую документацию на транспортирование, монтаж, эксплуатацию, ремонт и хранение оборудования.

Производственное оборудование должно отвечать требованиям пожаровзрывобезопасности, быть электробезопасным, снабженным средствами для снятия статического электричества и другими средствами защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов.

Дополнительные требования безопасности устанавливаются стандартами и техническими условиями на отдельные виды оборудования, например ГОСТ 12.2.026.0–93 ССБТ «Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции», ГОСТ 12.2.062–81 ССБТ «Оборудование производственное. Ограждения защитные», ГОСТ 12.2.022–80 ССБТ «Конвейеры. Общие требования безопасности» и др.

Производственное оборудование и его отдельные узлы должны оснащаться защитными устройствами, исключающими опасное соприкосновение работающих с движущимися элементами оборудования и режущим инструментом; вылет режущего инструмента, движущихся и обрабатываемых материалов в рабочую зону; травмирование работающих при установке и смене режущих инструментов; выход за установленные пределы подвижных частей оборудования (кареток, суппортов, тележек, столов и др.).

Требования безопасности перед началом работы

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо пройти общий, а также вводный инструктаж на рабочем месте. К работе на оборудовании допускаются студенты, изучившие требования безопасности.

Перед началом работы необходимо:

- а) изучить последовательность выполнения лабораторной работы, а также ознакомиться с конструкциями оборудования, приборов и приспособлений;
- б) привести в порядок одежду, убрать волосы под головной убор, застегнуть рабочий халат и манжеты рукавов;
- в) подготовить рабочее место, убрать лишние предметы;
- г) проверить надежность закрепления абразивных или алмазных кругов, их целостность, наличие картонных прокладок между кругом и зажимными фланцами, крепление зажимных фланцев;
- д) проконтролировать надежность закрепления затачиваемого инструмента;
- е) проверить наличие и исправность ограждений, блокировок и зануления;
- ж) опробовать работу станка и механизмов на холостом ходу;
- з) о всех замеченных неисправностях обязательно доложить руководителю работы.

Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы:

- а) необходимо быть внимательным и аккуратным, не отвлекаться самому и не отвлекать других;
- б) запуск оборудования и включение приборов при выполнении учебных занятий проводится только с разрешения преподавателя или учебного мастера;
- в) во время работы оборудования во избежание травматизма запрещается открывать или снимать ограждения и предохранительные приспособления;
- г) во избежание получения травм запрещается прикасаться руками к вращающемуся шлифовальному кругу, проверять рукой остроту режущих лезвий затачиваемого инструмента;
- д) заточку и доводку режущих элементов нужно выполнять на режимах, предусмотренных технологическим процессом, и на соответствующих частотах вращения шпинделя только опробованными кругами;
- е) шлифование торцовыми поверхностями кругов разрешается производить только кругами, специально для этого предназначенными;
- ж) при выполнении заточных работ необходимо пользоваться защитными очками или экраном;
- з) во избежание поражения электрическим током запрещается открывать или снимать ограждения силовых шкафов, выключать блокировки;
- и) при заточке инструмента необходимо находиться вне плоскости вращения круга;

к) в случаях появления дополнительных шумов, запахов и других отклонений от нормативов необходимо выключить оборудование или приборы и поставить в известность руководителя работы.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

Касание к токопитающим частям, находящимся под напряжением, может вызвать поражение электрическим током. Первое действие – необходимо обесточить установку, к которой прикоснулся потерпевший. Если ее быстро выключить невозможно, то необходимо освободить пострадавшего от токопроводящих частей. Если поражение электрическим током привело пострадавшего в бессознательное состояние, то ему необходимо оказать первую помощь. Одновременно и безотлагательно необходимо вызвать медицинскую помощь.

В случае возникновения очага возгорания, используя первичные средства пожаротушения (огнетушители, песок и т. д.), приступить к его ликвидации. Если необходимо, вызвать пожарную часть МЧС по телефону 101. При возгорании электрических проводных систем или работающих установок в первую очередь следует отключить напряжение, после чего следует приступить к тушению пожара.

При получении травм (порезов, ушибов и т. д.) режущим или абразивным инструментом, попадании в глаза абразивной или другой пыли необходимо немедленно поставить в известность руководителя работы. Потерпевшему следует оказать первую помощь, используя средства медицинской аптечки, при необходимости – отправить его в медицинское учреждение или вызвать врача.

В случаях внезапного отключения общих электрических носителей лаборатории необходимо обесточить оборудование путем разрыва питающей сети вводными включателями.

Требования безопасности при окончании работы

При окончании работы необходимо:

а) остановить машину, выключить подачу обрабатываемого материала (с отводом дереворежущего инструмента, круга от затачиваемого инструмента и т. д.); отключить приборы и оборудование от питающей электросети;

б) привести в порядок рабочее место (убрать мусор, протереть установки от пыли и т. д.);

в) сдать рабочее место учебному мастеру или руководителю работ, доложить о всех замеченных неисправностях.

ШЛИФОВАНИЕ

Общие сведения

Шлифованием называется процесс абразивной обработки поверхностей деталей (материалов) с преобладанием резания, **полированием** – с преобладанием истирания.

Шлифование или полирование являются завершающей стадией технологического процесса деталей древесины и древесных материалов (также как и лакокрасочное покрытие). Абразивная обработка может вестись незакрепленными зернами (свободными абразивами) или абразивными зернами, связанными в целое тело, называемое **абразивным инструментом**.

В виду непостоянного количества участвующих в резании зерен-резцов, разнообразия их геометрии и срезаемых ими стружек, так как распределение зерен в инструменте является случайным, шлифование следует рассматривать как **особый процесс резания**, к исследованию и описанию которого **не могут быть непосредственно применены закономерности лезвийного резания**.

Инструмент различают по *абразивному материалу, зернистости, связке, твердости, структуре, форме и размерам*. По форме абразивный инструмент подразделяют на шлифовальные круги, шлифовальные головки, бруски, шкурки и пасты.

В ГОСТ 21445–84 даются следующие определения.

Шлифовальный круг – абразивный инструмент в виде твердого тела вращения, предназначенный для шлифования. Шлифовальный круг с глухим отверстием для крепления называют **шлифовальной головкой**. Видом шлифовальных кругов являются *лепестковый* шлифовальный круг (шлифовальный круг, состоящий из радиально расположенных и жестко закрепленных одной из торцовых сторон шлифовальных листов).

Абразивный брусок – абразивный инструмент в виде твердого тела, предназначенный для обработки без вращения вокруг своей оси.

Шлифовальная шкурка – абразивный инструмент на гибкой основе (бумажной или тканевой) с нанесенным на нее слоем или несколькими слоями шлифовального материала, закрепленного связкой.

Шлифовальный лист – шлифовальная шкурка прямоугольной формы.

Шлифовальная лента – шлифовальный лист, длина которого превышает ширину более чем в 2,5 раза.

Бесконечная шлифовальная лента – шлифовальная лента замкнутого контура.

Абразивная паста – смесь абразивных зерен со смазывающими и поверхностно-активными материалами. Ее используют для полирования поверхностей.

Абразивные материалы. Абразивные материалы, применяемые для изготовления шлифовального инструмента, бывают природные и искусственные.

Природные материалы – гранат, кварц, кремнь, наждак, корунд.

Искусственные материалы – синтетический алмаз, электрокорунд, карбид кремния, технические карбид бора и кубический нитрид бора, стекло.

Абразивные материалы имеют следующие обозначения [4]:

– **пА** – материал на основе **корунда** (*п* – цифра, характеризующая конкретный материал). *Электрокорунд нормальный* (16А, 15А, 14А, 13А) содержит 87–98% окиси алюминия Al_2O_3 . *Электрокорунд легированный* (38А – циркониевый, 36А, 35А, 37А – титанистый, 34А, 33А и 32А – хромистый) представляет собой твердый раствор окислов металлов в корунде. *Монокорунд* (45А, 44А, 43А) является разновидностью электрокорунда. Его получают сразу в виде зерен с высокой механической прочностью;

– **пС** – материал на основе **карбида кремния**. *Карбид кремния* (55С, 54С, 53С, 52С – черного цвета, 64С, 63С, 62С – зеленого цвета) – твердый материал, получаемый в электропечах из кварцевого и углеродистого сырья. Карбид кремния зеленый более твердый, чем черный;

– **КБ** – материал на основе **карбида бора**. *Карбид бора* – искусственный абразивный материал в основном состава B_4C , получаемый в электропечах из борсодержащего углеродистого сырья;

– **А, АС, АР** – соответственно **алмаз природный (А)**, **алмаз синтетический (АС)** и **алмаз синтетический поликристаллический (АР)**. Синтетические алмазы по мере возрастания их прочности подразделяют на следующие марки: АСО, АСП, АСВ, АСК, АСС;

– **КНБ** – **кубический нитрид бора**. Искусственный абразивный материал в основном состава BN , производимый под различными названиями: *эльбор* (нормальный – ЛО, повышенной прочности – ЛП, дробленый – ЛД), *кубонит* (К), *гексанит* (Г).

Технические характеристики некоторых абразивных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика абразивных материалов

Материал	Плотность, г/см ³	Микротвердость, $n \cdot 10^3$ Н/мм ²	Устойчивость к нагреванию, °С
Алмаз	3,48–3,56	100	700–800
Кубический нитрид бора	3,45–3,47	90	1200
Карбид бора	2,48–2,52	37–40	700–800
Карбид кремния	3,12–3,20	33–36	1300–1400
Корунд и электрокорунд	3,96–3,98	20–23	1700–1900

Микротвердость абразивных зерен H_a должна быть в 2,0–2,5 раза больше микротвердости обрабатываемого материала H_m .

Зернистость. По ГОСТ 3647–80 абразивные материалы по размеру зерен делятся на следующие группы: *шлифзерно* (2000–160 мкм), *шлифпорошки* (125–40 мкм), *микропорошки* (63–14 мкм), *тонкие микропорошки* (10–3 мкм). Размер зерен устанавливают путем просеивания их через сита. **Каждой фракции абразивных зерен присваивают номер зернистости, равный 0,1 размера стороны ячейки сита в свету в микрометрах, на которой задерживаются зерна основной фракции.**

Номера зернистости приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номера зернистости по ГОСТ 3647–80

Группа	Номер зернистости
Шлифзерно	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16
Шлифпорошки	12, 10, 8, 6, 5, 4
Микропорошки	M63, M50, M40, M28, M20, M14, M10, M7, M5

Абразивные материалы любого номера зернистости всегда включают кроме размеров основной фракции более крупные и более мелкие зерна. В зависимости от доли основной фракции вводятся дополнительные буквенные индексы: В – основная фракция составляет 55–60%; П – доля основной фракции не менее 45–55%; Н – не менее 40–45%; Д – не менее 39–41%.

Связка. Связка – материал или совокупность материалов, применяемых для закрепления шлифовальных зерен в абразивном инструменте.

Связки *на основе клеев* применяются в производстве шлифовальных шкур. Для этого используют мездровый клей (М), синтетические смолы (С), комбинированную связку (К).

Мездровый клей обеспечивает самозатачивание шлифовальной шкурки, но при нагревании размягчается и приводит к засаливанию инструмента.

Синтетические смолы (фенолфурфуролформальдегидные и др.) обладают большей теплостойкостью, прочностью, но менее эластичны.

Комбинированная связка состоит из двух клеев. Наносят их слоями – первым слоем наносят мездровый клей, вторым – синтетический.

Твердость абразивного инструмента. Твердость абразивного инструмента – свойство связки оказывать сопротивление прониканию в абразивный инструмент другого тела (ГОСТ 21445–84). Важным показателем также является сопротивляемость связки отрыву зерен с поверхности инструмента под действием внешних сил.

Характеристика связки должна быть такой, чтобы зерно, потерявшее режущую способность, могло быть удалено с поверхности инструмента за счет сил резания, обнажив при этом острые зерна.

Структура абразивного инструмента. Структура абразивного инструмента – соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте.

Структуры абразивного инструмента обозначают номерами, установленными в нормативно-технической документации. Значение номера зависит

от объемного содержания зерна. Самая плотная структура (№ 1) содержит 60% абразивного зерна. С увеличением номера структуры на единицу объем зерна уменьшается на 2%. Всего установлено 18 номеров структур.

С увеличением номера структуры увеличивается расстояние между соседними зернами. Это улучшает отвод стружки, увеличивает производительность процесса, уменьшает «засаливание» инструмента, но снижает его прочность и увеличивает износ.

Концентрация. Под концентрацией понимают массовое содержание алмаза или эльбора в единице объема абразивного слоя. *За 100%-ную концентрацию условно принято содержание алмаза (эльбора) в количестве 4,4 карата (0,887 г) в 1 см³ абразивного слоя.* При этом собственно абразивы занимают только 24,9% объема режущего слоя.

Абразивные инструменты производят с концентрацией 25, 50, 75, 100, 150 и 200%. Объем алмазов (эльбора) в их режущем слое составляет соответственно 6,2; 12,4; 18,6; 24,9; 37,7; 49,7%.

Шлифовальные шкурки. Шкурка шлифовальная **тканевая** (ГОСТ 5009–82) состоит из основы и абразивных зерен, удерживаемых на основе связкой (клеем). Она предназначена для абразивной обработки различных материалов без охлаждения или с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

Шкурки производят в рулонах шириною 725, 740, 770, 800, 830 мм. При зернистости 125–50 длина ленты в рулоне равна 30 м, при зернистости 40–М40 – 50 м.

Производят два типа шкурок: тип 1 – для машинной обработки неметаллических материалов; тип 2 – для машинной и ручной обработки прочных материалов. В производстве шкурок используют следующие абразивные материалы: электрокорунд (нормальный, белый, легированный, циркониевый), монокорунд, карбид кремния черный и зеленый, кремень. В качестве основы применяется хлопчатобумажная ткань (в основном саржа (легкая, средняя, утяжеленная)). В качестве связующего применяется клей мездровый по ГОСТ 3252–80.

По внешнему виду рабочих поверхностей шкурки изготавливают классов А, Б и В. Суммарная площадь морщин, складок, участков без абразивных зерен, залитых связкой не должна превышать: для класса А – 0,5%, Б – 2,0%, В – 3,0% площади рулона.

Пример условного обозначения тканевой шлифовальной шкурки типа 1, шириной 830 мм, длиной 50 м, на сарже средней № 2, из белого электрокорунда марки 24А, зернистости 40-Н, на мездровом клее, класса А: **1 830×50 С2 24А 40-Н М А ГОСТ 5009–82.**

Шкурка шлифовальная **бумажная** (ГОСТ 6456–82) производится двух типов: тип 1 и тип 2.

Рабочий слой шкурки может быть *сплошной (С) и рельефный (Р)*. Рельефный рабочий слой имеет четыре исполнения. Угол рельефа $\alpha = 5\text{--}85^\circ$.

Для основы используется бумага по ГОСТ 18227–72 марок 0-140, 0-200, 0-210, 0-235, 0-240, БШ-140, БШ-200, БШ-240, БВ-225, БВК-22, ОВ-200.

По внешнему виду различают три класса шкурок: А, Б и В.

Связка – мездровый клей (М) или комбинированная связка (К).

Пример условного обозначения бумажной шлифовальной шкурки типа 1, со сплошным рабочим слоем С, шириной 1000 мм, длиной 50 м, на бумаге марки 0-200, из корунда нормального марки 15А, зернистости 25-Н, на мездровом клее, класса А: **1 С 1000×50 П2 15А 25-Н М А ГОСТ 6456–82.**

Основные расчетные зависимости, используемые при решении конструкторско-технологической задачи

Глубина неровностей на шлифованной поверхности Rm_{\max} , мкм, может быть определена по эмпирической формуле:

$$Rm_{\max} = (110 \pm 20) \cdot \frac{d_i}{\gamma}, \quad (1)$$

где d_i – размер зерна основной фракции зернистости, мм ($d_i = 0,01N$, где N – номер зернистости);

γ – плотность древесины, г/см³;

знак «+» – для острой шкурки, «-» – для теряющей режущую способность.

Средняя удельная производительность шлифовальной шкурки $A_{\text{ш}}$, см³/(см² · см) [5]:

$$A_{\text{ш}} = a_z \cdot a_o \cdot a_p \frac{14,55q}{10^6 \cdot \gamma \sqrt{z}}, \quad (2)$$

где a_z – коэффициент, учитывающий материал абразивных зерен (электрокорунд – 1, кремнь – 1,33, стекло – 0,4);

a_o – коэффициент, учитывающий метод насыпки (гравитационный – 1, электростатический – 1,2);

a_p – коэффициент, учитывающий округление режущей кромки (затупление) шлифовальной шкурки (острая – 1,33, средnezатупленная – 1, тупая – 0,7);

q – удельное давление, Н/см²;

γ – удельный вес древесины, г/см³ (сосна – 0,5, береза – 0,6, дуб – 0,725);

z – номер зернистости по ГОСТ 3647–80.

Удельная производительность процесса $A_{\text{п}}$, см³/(см² · с):

$$A_{\text{п}} = A_{\text{ш}} \cdot V_e, \quad (3)$$

где V_e – скорость резания, см/с.

Касательная составляющая силы резания F_x , Н (рис. 1):

$$F_x = C \cdot q \cdot S, \quad (4)$$

где C – коэффициент сцепления с древесиной;

q – удельное давление, Н/см²;

S – площадь контакта, см²:

$$S = b \cdot l_k,$$

l_k – длина контакта шлифовальной шкурки шириной b , см.

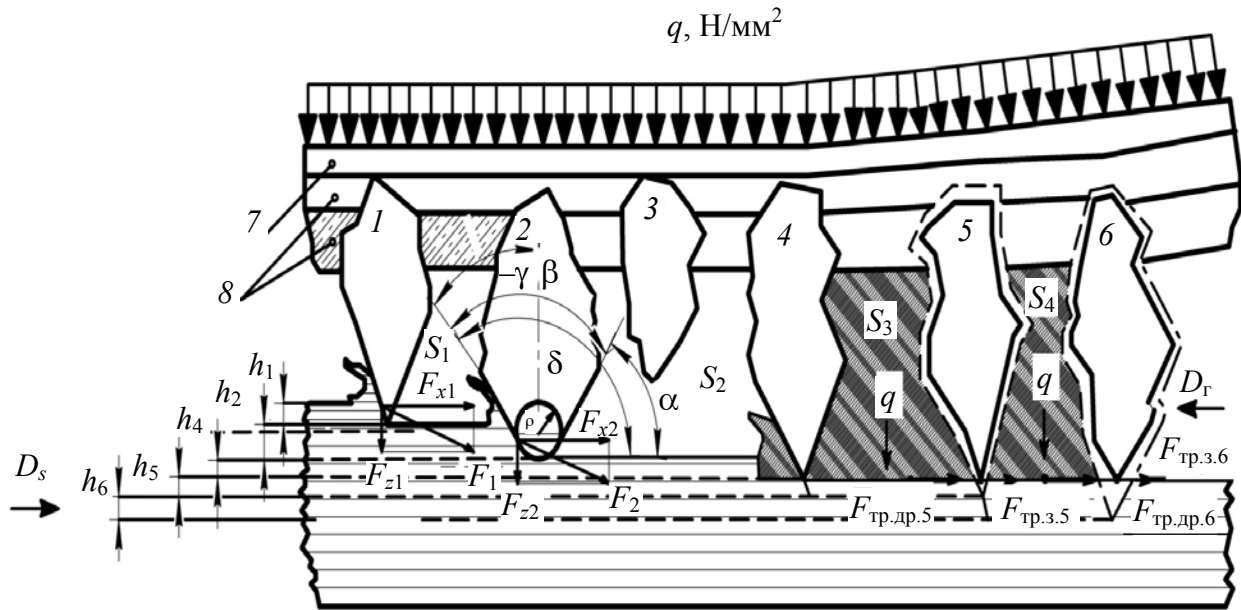


Рис. 1. Схема резания шлифовальной шкуркой:
1, 2, 3, ..., 6 – абразивные зерна; 7 – основа; 8 – двухслойная связка

Мощность шлифования P , кВт:

$$P = \frac{F_x \cdot V_e}{1000} = q \cdot S \cdot (C + f) \frac{V_e}{1000}, \quad (5)$$

где f – коэффициент трения обратной стороны шлифовальной ленты о рабочую поверхность утюжка, $f \approx 0,36$ (по экспериментальным данным).

Скорость подачи V_s , см/с:

$$V_s = \frac{l_k}{t_{ш}}, \quad (6)$$

где $t_{ш}$ – время шлифования, с:

$$t_{ш} = \frac{H}{A_n}. \quad (7)$$

Здесь H – припуск на шлифование, см:

$$H = H_{\nabla\partial'} - H_{\nabla\partial''}, \quad (8)$$

где $H_{\nabla\partial'}$ – высота неровностей при установленном качестве шероховатости до шлифования, см;

$H_{\nabla\partial''}$ – высота неровностей при установленном качестве шероховатости после шлифования, см.

Удельная производительность шлифовальной шкурки $A_{ш}$ уменьшается по мере затупления абразивных зерен. После шлифования 1 см² шкурки некоторой предельной длины древесного материала $L_{ш}$ шлифовальная шкурка изнашивается настолько, что процесс резания прекращается, т. е. удельная производительность процесса равна нулю ($A_n = 0$). Принято считать нецелесообраз-

ным дальнейшую эксплуатацию шлифовальной шкурки, когда ее удельная производительность снизилась наполовину ($0,5A_{\text{ш}}$). **Износостойкостью** шлифовальной шкурки называется путь L , пройденный 1 см^2 шкурки в контакте с материалом до $0,5A_{\text{ш}}$.

Износостойкость, см, по опытам Ю. П. Попова, рассчитывается по формуле (9):

$$S = 8 \cdot 10^5 \left(\frac{0,1}{q} \right)^{1,15} \cdot \left(\frac{100}{z} \right)^{1,4} \cdot \left(\frac{V_e}{10} \right) \cdot 0,31 \cdot A_{\text{п}} \cdot A_{\text{ш}}, \quad (9)$$

где $A_{\text{п}} = 0,35$ – при шлифовании древесины хвойных пород мелкозернистыми шкурками;

$A_{\text{п}} = 0,55$ – для шлифовальных шкурок с номерами зернистости 80–25;

$A_{\text{п}} = 1,0$ – для шлифования лиственных пород;

$A_{\text{ш}} = 1,0$ – для шлифовальной шкурки на бумажной основе и мездровом клее;

$A_{\text{ш}} = 2,5$ – для шлифовальных шкурок на тканевой основе, мездровом клее с номерами зернистости 20–4;

$A_{\text{ш}} = 3,0$ – для шлифовальных шкурок с номерами зернистости 80–25.

Время работы шлифовальной шкурки до износа t_s , мин:

$$t_s = \frac{S \cdot L_{\text{ш}}}{60 \cdot V_e \cdot l_{\text{к}} \cdot a_{\text{р.в}} \cdot a_{\text{м.в}}}, \quad (10)$$

где $L_{\text{ш}}$ – полная длина шлифовальной шкурки за цикл, см;

$a_{\text{р.в}}$ – коэффициент использования рабочего времени;

$a_{\text{м.в}}$ – коэффициент использования машинного времени.

Пример

Дано: удельное давление $q = 0,5 \text{ Н/см}^2$, номер зернистости по ГОСТ 3647–80 $z = 25$, скорость резания $V_e = 25 \text{ м/с}$, порода древесины – ольха, полная длина шлифовальной шкурки за цикл $L_{\text{ш}} = 250 \text{ см}$, длина контакта с древесиной $l_{\text{к}} = 10 \text{ см}$, $a_{\text{р.в}} = 0,8$, $a_{\text{м.в}} = 0,6$.

Определить: 1. Износостойкость шлифовальной шкурки S .

2. Время работы шлифовальной шкурки до износа.

Решение: 1. Износостойкость шлифовальной шкурки S определяем по формуле (9):

$$S = 8 \cdot 10^5 \left(\frac{0,1}{0,5} \right)^{1,15} \cdot \left(\frac{100}{25} \right)^{1,4} \cdot \left(\frac{25}{10} \right) \cdot 0,31 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = \\ = 2\,035\,000 \text{ см.}$$

2. Время работы шлифовальной шкурки до износа определяем по формуле (10):

$$t_s = \frac{2\,035\,000 \cdot 250}{60 \cdot 2500 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 0,6} = 706,6 \text{ мин} = 11,8 \text{ ч.}$$

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ НА МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ, КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПЕРИОД СТОЙКОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

Цели работы:

– исследование влияния скорости резания и скорости подачи на мощность резания, касательную составляющую силы резания, удельную производительность процесса в зависимости от высоты припуска, обрабатываемого древесного материала и других факторов;

– получение практических навыков по управлению фрезерно-шлифовальным станком (на примере станка с ЧПУ Houfek модели Bulldog FRC 910): подготовка станка к работе, установка технологических операций (фрезерование, калибрование, шлифование) и режимов работы (скоростей главного движения и подачи), выполнение технологического процесса.

Выполнение поставленной цели предусматривает: изучение экспериментальной установки для исследования силовых параметров процесса шлифования древесины и древесных материалов на базе широколенточного шлифовального станка с ЧПУ модели Bulldog FRC 910, ее конструкции, программы управления; подготовку обрабатываемого материала для последующей обработки; возможность управления станком во время работы; оценку проведения технологической операции.

Приборы, приспособления, оборудование и инструменты: широколенточный фрезерно-шлифовальный станок с ЧПУ Houfek Bulldog FRC 910, шлифовальные ленты, микроскоп модели МИС-11, индикаторный глубиномер, линейка металлическая, штангенциркуль.

1. Описание и принцип работы фрезерно-шлифовального станка Bulldog FRC 910

Широколенточный фрезерно-шлифовальный станок Houfek Bulldog FRC 910 предназначен для шлифования натуральной древесины, древесно-пластиковых композитов, плитных материалов (ДСтП, ДВП, МДФ, ОСБ, фанеры) и некоторых видов пластика.

Функциональная схема широколенточного фрезерно-шлифовального станка Houfek Bulldog FRC 910 представлена на рис. 2. При движении заготовки I толщиной H по направлению D_s движения подачи вдоль последовательных каскадно расположенных фрезерного вала 2, калибровального 3 и шлифовального 4 узлов производится ее обработка. Каждый из последовательно расположенных рабочих узлов в зависимости от установленного режима обработки снимает определенную толщину материала: припуск h_f на фрезерование, припуск h_k на калибрование, припуск $h_{ш}$ на шлифование соответственно. Главное движение D_r каждого из узлов станка на функциональной схеме показано стрелками.

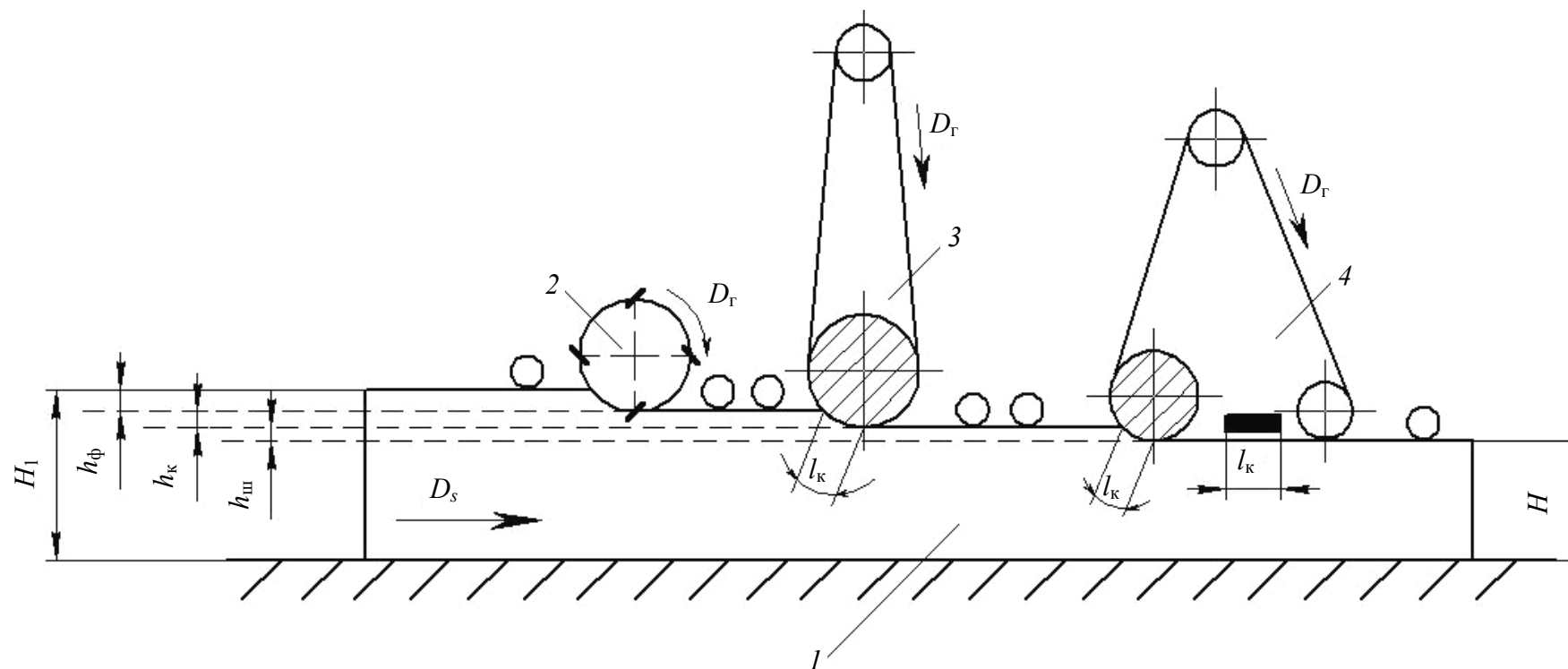


Рис. 2. Функциональная схема широколенточного фрезерно-шлифовального станка Houfek Bulldog FRC 910:

1 – обрабатываемый материал; 2 – фрезерный вал; 3 – калибровальный узел; 4 – шлифовальный узел; H_1 – начальный размер материала;

H – конечный размер материала; h_{ϕ} – припуск на фрезерование; h_k – припуск на калибрование; $h_{ш}$ – припуск на шлифование;

D_r – движение главное; D_s – движение подачи; l_k – длина контакта шлифовальной ленты с обрабатываемым материалом

Широколенточный станок имеет модульную конструкцию, что позволяет решать множество актуальных научно-производственных задач. Станок состоит из узлов, каждый узел является стандартной единицей (рис. 3).



Рис. 3. Широколенточный шлифовальный станок Bulldog FRC 910

Станок имеет рамную станину *1* коробчатой конструкции, сваренную из стального согнутого профиля с толщиной стенки 6 мм. Распределительный щит *3* находится на передней верхней части станины. В левой части станины расположены рубильник питания *5* станка, сенсорный дисплей *2* управления станком, панель *6* электрических компонентов, где загорание кнопки *9* свидетельствует об исправности всех устройств, блокирующих механические и электрические устройства станка. Система контроля *7* пневмосистемы расположена в средней части станины. Спереди станка находится рабочий стол *4* с конвейером для подачи обрабатываемого материала в станок. Станок оснащен специальным измерительным устройством *8*, позволяющим контролировать исходную толщину обрабатываемого материала.

В нижней части станины расположены двигатели рабочих узлов: фрезерного *F*, калибровального *R* и шлифовального *C*. Рабочие узлы показаны на рис. 4.

Рабочий *1* фрезерный узел *F* представляет собой стальной вал с прикрепленными к нему по спирали винтами *2* четырехугольными режущими пластинами *3* из твердого сплава, заточенными с четырех сторон, которые после потери режущей способности поворачиваются либо заменяются (рис. 5).

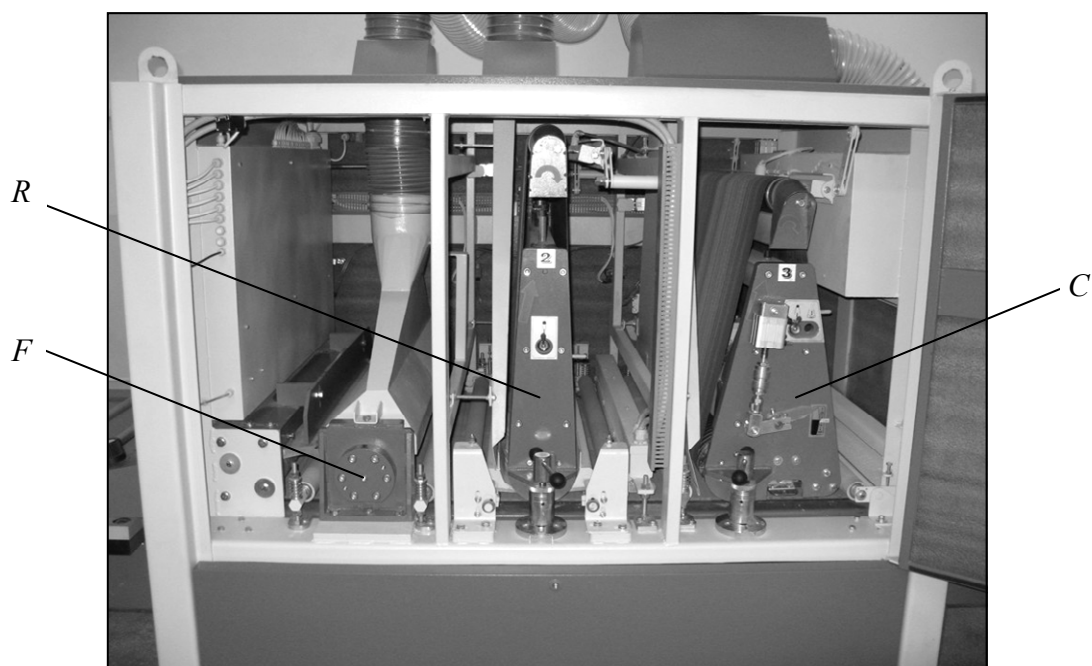


Рис. 4. Узлы шлифовального станка Houfek Bulldog FRC 910

Ножевой вал приводится в движение от электродвигателя переменного тока мощностью 11 кВт.



Рис. 5. Фрезерный узел *F* широколенточного шлифовального станка Houfek Bulldog FRC 910

Фрезерный узел *F* предназначен для выравнивания поверхностей заготовки по толщине с величиной снимаемого припуска за один проход до 5 мм. Фрезерный вал стационарно закреплен в станине станка. Положение вала создает основную – нулевую высоту (начальную точку), от которой производится отсчет положения рабочего стола с конвейером, а тем самым и отсчет высоты обрабатываемой заготовки.

Основным рабочим узлом станка для шлифования является калибровальный узел *R* (рис. 6). Он представляет собой полый вал *1* диаметром 240 мм, зафиксированный на шпинделе.

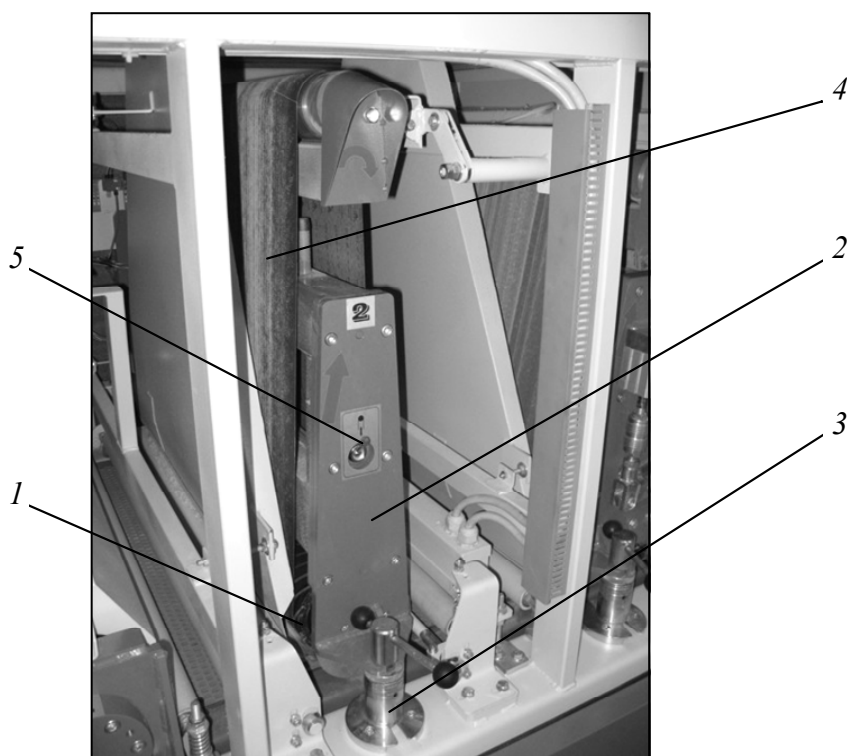


Рис. 6. Калибровальный узел *R* широколенточного фрезерно-шлифовального станка Houfek Bulldog FRC 910

Поверхность вала *1* обрезинена, на ней расположены спиральные пазы. Регулирование вала по высоте (положения 1 и 2) на необходимую величину снимаемого припуска соответственно 0,2 и 0,4 мм за один проход осуществляется при помощи установленного эксцентрика, который управляется с сенсорной панели. Замена шлифовальных лент производится с помощью рычага 5, который регулирует положение верхнего направляющего вала. В движение калибровальный узел *R* приводится при помощи электродвигателя переменного тока мощностью 11 кВт и поликлиноременной передачи.

Шлифовальный калибровальный узел *R* оснащен механизмом осцилляции. Осцилляция шлифовальных абразивных лент 4 управляется оптоэлектронным способом, контролирующий датчик работает с тремя инфракрасными лучами: средний осуществляет управление осцилляцией, крайние (правый и левый) выполняют функцию концевых выключателей. Частота осцилляции колеблется от 30 до 60 импульсов в минуту.

К станине станка 2 рабочий калибровальный узел *R* присоединен при помощи съемных опор 3 и винтов.

Рабочий шлифовальный узел *C* – второй основной узел, предназначен для операции чистового шлифования (рис. 7). Рабочий узел *C* состоит из рабочего вала 1, поддерживающего вала 2 и вала 3 для натяжения шлифовальной ленты 4. Шлифовальная прижимная пластина 5 размещена между рабочим валом и поддерживающим валом. Шлифовальная прижимная пластина служит для финишного шлифования поверхности.

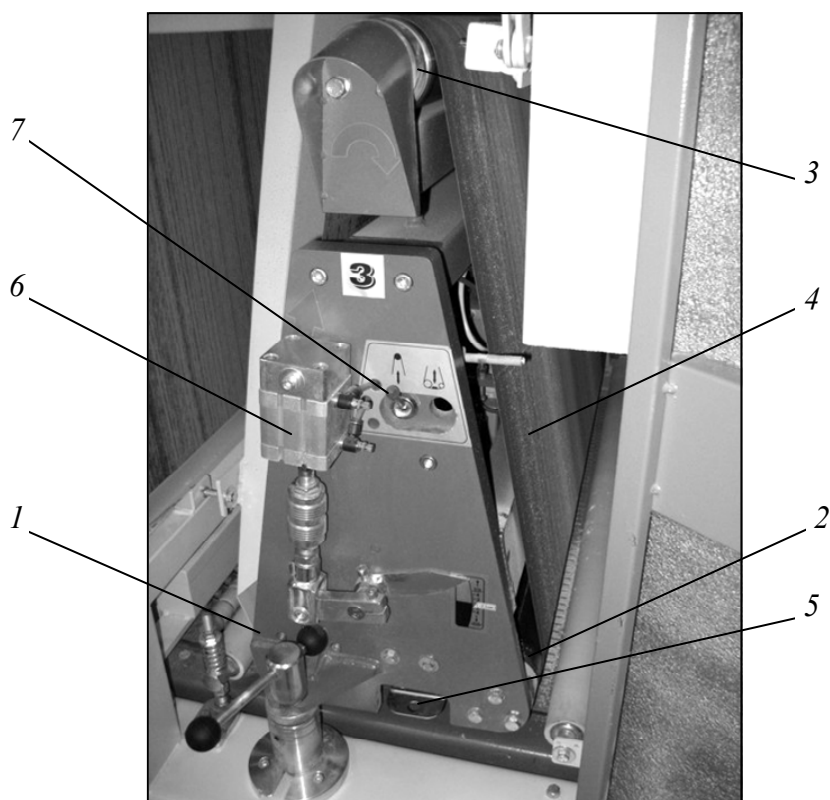


Рис. 7. Шлифовальный узел С широколенточного фрезерно-шлифовального станка Houfek Bulldog FRC 910

Конструкция пластины выполнена следующим образом: под скользящую графитовую поверхность подложена полиуретановая прокладка, наклеенная на стальной профиль. Шлифовальную пластину целесообразно использовать для выполнения финишных операций – тонкой шлифовки поверхности изделий из древесины и шпонированных изделий, покрытых шпоном толщиной около 1,5 мм и более. Использование данной пластины для шлифовки поверхности зависит от плоскостности поверхности и размеров изделия. Высота пластины при настройке станка устанавливается механически при помощи винтового механизма с гайкой. Положение пластины видно по указателю на шкале. Замена шлифовальных лент производится с помощью рычага 7, который регулирует положение верхнего направляющего вала.

Рабочие узлы *R* и *C* оснащены устройством двухпозиционного положения. Регулировка этих положений осуществляется пневмоцилиндрами 6 с электромагнитными катушками. Переключатель данной регулировки имеет три позиции: 0 – вал поднят в нерабочее положение; 1 и 2 – рабочие положения вала. Переключатель положений шлифовальных валов расположен на передней панели управления и устанавливается оператором вручную в зависимости от выбранного режима обработки заготовок.

Секционная пневматическая прижимная планка – это более усовершенствованная система шлифовальной прижимной планки с пластиной (рис. 8).



Рис. 8. Секционная пневматическая прижимная планка

Планка состоит из отдельных сегментов (рис. 8) шириной 30 мм, к которым подводится воздух для давления на прижимную пластину. Вертикальное перемещение сегмента составляет 23 мм.

Программа для шлифования заготовок заносится в память компьютера и приводится в действие оператором через панель экрана. Оператор может изменить в программе поднятие секций прижимной планки, установить начало и конец шлифования на передней или боковой части обрабатываемой заготовки. Данные программируемые опции, включая изменение давления на сегменты планки (от 2 до 5 бар), создают наиболее оптимальные условия для шлифования окантованных заготовок.

Рабочий стол с конвейером (рис. 9) является главным элементом конструкции после шлифовальных узлов. Стол 1 установлен на поперечинах, подвешенных на гайках подвижных винтов. Стол прикреплен к поперечинам при помощи четырех крепежных элементов, которые одновременно позволяют установить положение стола по отношению к плоскости шлифовального агрегата.

Рабочий стол оснащен стальной отшлифованной пластиной, которая служит для точной подачи подающей ленты, и, как следствие, для точной подачи заготовки. Подающая лента натягивается между стальными валами. Вал 2 в задней части станка является приводным валом для ленты 3 конвейера. Привод обеспечивается электродвигателем 5 с частотным преобразователем и червячным редуктором 4 с передаточным числом 100. Для привода редуктора служит электродвигатель переменного тока мощностью 1,5 кВт, который вводится в действие при помощи кнопки на панели управления. Данное конструктивное решение привода механизма подачи обеспечивает бесступенчатое изменение скорости подающей ленты в диапазоне значений от 3,2 до 12 м/мин.



Рис. 9. Рабочий стол с конвейером (вид сзади)

Для достижения требуемой конечной толщины обработанной заготовки нужно задать значение высоты стола согласно данным на дисплее.

Задание высоты стола согласно данным на дисплее производится следующим образом. Сначала необходимо измерить толщину заготовки (как правило, в нескольких местах) и определить значение съема согласно требуемой окончательной толщине заготовки. Если величина съема соответствует максимально допустимому значению с точки зрения выбранных условий резания, то необходимо рабочий стол установить в положение, при котором показания дисплея равны значениям требуемой окончательной толщины заготовки. После обработки заготовки проводится корректировка положения стола (толщины заготовки) согласно выбранным условиям резания.

Шлифовальный станок Houfek Bulldog FRC 910 оснащен обрезиненными прижимными валиками диаметром 70 мм. Прижим валиков осуществляется механически при помощи винтовых пружин. Передний ролик оснащен храповым механизмом для обеспечения его вращения в одном направлении и надежно фиксирует деталь в области обработки.

Пневматическая система станка (рис. 10) совместно с элементами электрооборудования обеспечивают правильную и безопасную эксплуатацию станка. Сжатый воздух подводится к входному блоку подготовки воздуха, который на входе оснащен запорным шаровым краном с рычажком и быстросъемной муфтой, служащей для подсоединения подводящего шланга. Входной блок обеспечивает фильтрацию, вывод конденсата и смазку сжатого воздуха, а также регулировку давления на входе в пневмосистему станка.

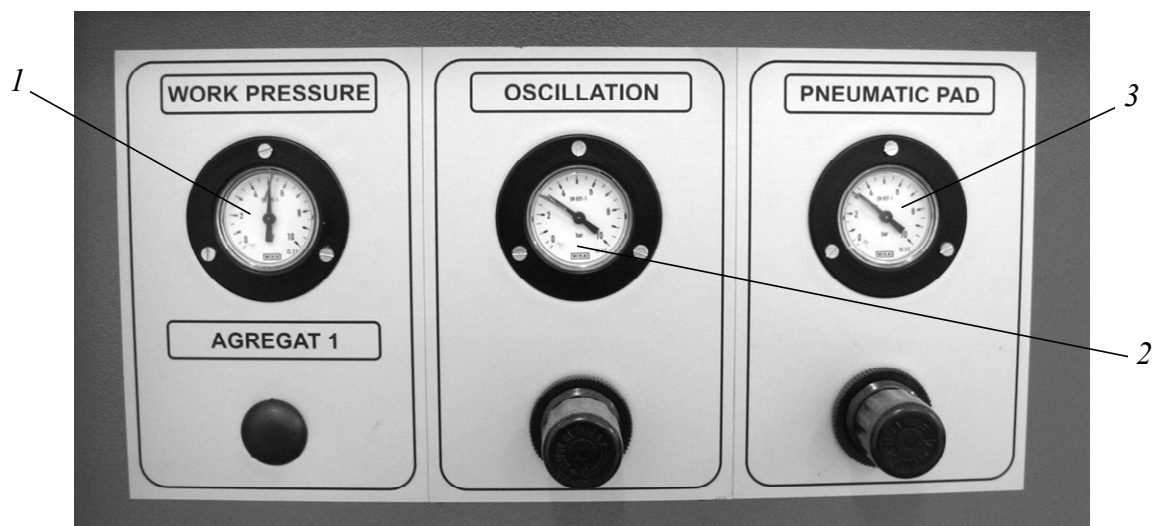


Рис. 10. Входной блок пневматической системы станка

Пневмосистема станка обеспечивает следующие функции:

- натяжение шлифовальных лент. Натяжное усилие определено величиной настройки рабочего входного давления *1*, которое устанавливается на входном блоке. Пневмоцилиндры, обеспечивающие натяжение шлифовальных лент и контролируемые приборами *2* и *3*, снабжаются сжатым воздухом при помощи вентилей ручного управления, оснащенных рычажком и установленных с правой стороны шлифовальных агрегатов. Подводка воздуха регулируется при помощи дроссельного вентиля;

- осцилляция, которая управляется фотоэлементом, замыкающим электропневматический вентиль. Данный вентиль попеременно пропускает сжатый воздух в двухходовой пневмоцилиндр. Пневмоцилиндр поворачивает верхний натяжной валок агрегата. На входе в цепь осцилляции сжатый воздух редуцируется при помощи редукционного вентиля, оснащенного манометром, до значения 3,5–4,0 бар;

- аварийная остановка станка. Аварийный тормоз вводится в действие в момент размыкания защитной цепи станка. Если электровентиль станка не находится под напряжением, то сжатый воздух пропускается в цилиндр дискового тормоза, не позволяя вращаться рабочим валам станка;

- подъем и опускание натяжных валов шлифовальных лент узлов *R* и *C*, выполненных идентично. Подъем и опускание производятся при помощи пневматического цилиндра, который обслуживает рычажный механизм, поворачивающий эксцентриковые цапфы подшипников рабочего вала. Управление производится при помощи ручного вентиля с рычажком, расположенного с торцевой стороны узлов *R* и *C*.

Система безопасности предназначена для незамедлительной остановки станка (в течении 6 с) в случаях, когда существует потенциальная возможность получения физического повреждения оператором или поломки станка. Система безопасности – это электрическая цепь станка с различными датчиками. Элементы станка, защищенные системой безопасности, следующие:

– приводные электродвигатели шлифовальных узлов защищены от длительной перегрузки контроллерами;

– боковые двери станка оснащены концевыми выключателями, блокирующими электрическую цепь от включения при открытии дверей;

– защитная передняя планка красного цвета предотвращает попадание деталей в зону обработки, где зазор превышает величину припуска 5 мм от заданного начального;

– инфракрасный датчик отслеживает положение шлифовальной ленты между валами и предотвращает ее сход влево или вправо;

– концевой выключатель в виде скобы на направляющем штоке узла натяжения ленты выключает электродвигатели станка при разрыве шлифовальной ленты.

Технология шлифования на калибровально-шлифовальных станках заключается в двух основных операциях.

1. Калибрование. Целью данной операции является выравнивание поверхности заготовки при большом съеме материала. Для данной операции вводятся в действие фрезерный вал F и калибровальный узел R (рис. 4) как каждый отдельно, так и при совместной их работе. Для обработки материалов используются грубые шлифовальные ленты (зернистость от 40 до 80) с рекомендуемой более низкой скоростью подачи (до 4,5 м/мин). При этом фрезерным валом F снимается максимальная толщина материала за один проход: для древесины невысокой плотности (мягкой) – около 0,6–1,0 мм, а для твердой – 0,3–0,5 мм. Калибровальным валом R , находящимся в 1-м положении, снимается максимальная толщина материала за один проход 0,2 мм.

2. Шлифование (выглаживание). Целью данной операции является получение качественной поверхности заготовки с низкой шероховатостью. Для данной операции вводятся в действие калибровальный узел R и шлифовальный C как отдельно, так и совместно. Используются шлифовальные ленты (зернистость 120 и более), более высокая скорость подачи (до 12 м/мин). При этом калибровальным узлом R и шлифовальным C снимается максимальная толщина материала за один проход 0,1–0,2 мм.

Пример настройки станка на заданный режим обработки.

По заданию необходимо получить финишный размер по толщине ($30 \pm 0,1$) мм заготовки из древесины сосны, причем с одной стороны поверхность должна быть фрезерованной (использован только фрезерный вал F), а противоположная сторона заготовки должна быть получена на режиме калибрования (использованы совместно фрезерный вал F и калибровальный узел R). Исходный размер заготовки по толщине – 32 мм.

Обработка осуществляется за 2 прохода.

1-й проход: фрезеруется 1 мм величины припуска на обработку заготовки из древесины сосны при использовании только фрезерного вала F :

– на сенсорном экране управления фрезерно-шлифовальным станком высота положения стола по отношению к окружности резания фрезерным

валом 31 мм устанавливается нажатием на соответствующую ячейку 1 экрана (рис. 11) и на справа расположенную кнопку «Подтвердить»;

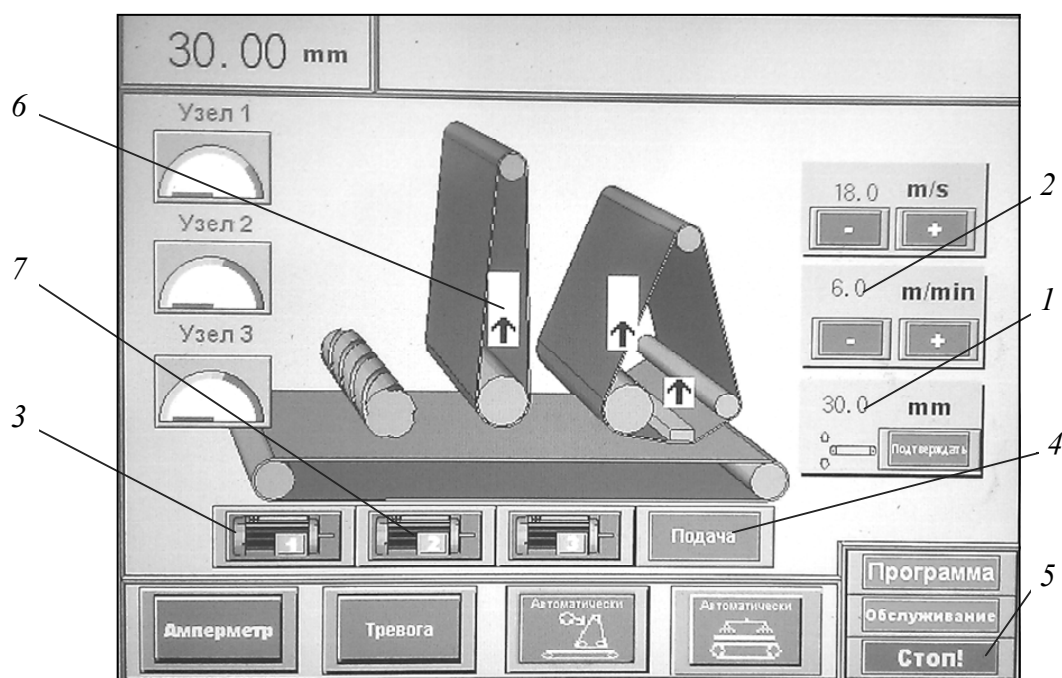


Рис. 11. Расположение ячеек управления на сенсорном экране

- в ячейке 2 на сенсорном экране устанавливается скорость подачи 6 м/мин;

- включается фрезерный вал нажатием на кнопку 3 на сенсорном экране. Кнопка 3 загорится оранжевым цветом, а по истечении времени (10 с) станет зеленой, что свидетельствует о номинальном режиме работы электродвигателя привода ножевого вала;

- включается механизм подачи нажатием на кнопку 4 сенсорного экрана. При этом начнется движение ленты конвейера с установленной ранее скоростью подачи;

- на рабочий стол устанавливается заготовка для обработки фрезерованием. После обработки заготовки штангенциркулем контролируется размер заготовки по толщине, который должен составлять $(31 \pm 0,1)$ мм. В данном случае станок настроен на точность обработки $\pm 0,1$ мм. Если измеренный штангенциркулем размер заготовки по толщине после обработки составляет величину, отличную от $(31 \pm 0,1)$ мм, необходимо произвести корректировку высоты положения подающего стола или контрольной базовой точки. Таким образом, заготовка обрабатывается с одной стороны, получается фрезерованная поверхность;

- останавливаем станок нажатием кнопки 5 «Стоп» красного цвета на панели управления.

2-й проход: фрезеруется 0,8 мм величины припуска на обработку заготовки при использовании фрезерного вала *F* и шлифуется 0,2 мм при использовании калибровального узла *R*:

– на сенсорном экране управления фрезерно-шлифовальным станком калибровальный узел *R* устанавливается в положение 1 нажатием на ячейку 6 (рис. 11) соответствующего поля. При этом максимальная величина съема материала с поверхности заготовки узлом *R* составляет 0,2 мм;

– на экране высота положения стола, равная 30 мм, устанавливается нажатием на соответствующую ячейку 1 экрана и кнопки «подтвердить»;

– включается фрезерный вал нажатием на кнопку 3 на сенсорном экране;

– далее приводится в движение калибровальный узел *R* нажатием на кнопку 7 на сенсорном экране. Кнопка 7, аналогично кнопке 3, загорится оранжевым цветом, а по истечении времени (10 с) станет зеленой, что свидетельствует о номинальном режиме работы электродвигателя привода калибровального узла *R*;

– включается механизм подачи станка нажатием на кнопку 4 сенсорного экрана;

– заготовка устанавливается обработанной на первом проходе стороной вниз на рабочий стол для финишной обработки. После обработки заготовки штангенциркулем снова контролируем размер заготовки по толщине, который должен составлять $(30 \pm 0,1)$ мм. Получается вторая обработанная поверхность.

Таким образом осуществляется обработка заготовки по толщине с получением поверхностей различного качества в зависимости от исходного задания.

2. Последовательность выполнения работы

1. Изучить теоретические положения, конструкцию фрезерно-шлифовального станка с ЧПУ Houfek модели Bulldog FRC 910 и устройств, обеспечивающих его безопасную эксплуатацию.

2. Получить допуск у преподавателя для выполнения лабораторной работы, индивидуальное задание и средства измерения.

3. Включить питание фрезерно-шлифовального станка с ЧПУ модели Bulldog FRC 910, используя главный выключатель (на электрошитке возле станка).

4. Включить компрессор для создания необходимого давления в пневмосистеме станка, контролируемого датчиками, показанными на рис. 10. После того как компрессор нагнетет необходимое давление в пневмосистеме станка (2–3 мин), произойдет его отключение.

5. Открыть боковую дверь машины (справа), произвести натяжение шлифовальных лент калибровального узла *R* и шлифовального узла *C*. Для этого необходимо перевести рычаги 5 (рис. 6) и 7 (рис. 7) в верхнее вертикальное положение и закрыть правую дверь ограждения узлов станка.

6. Нажать кнопку 9 (рис. 3) на передней панели управления станком. Кнопка загорится белым светом, что будет подтверждать исправность всех блокирующих устройств механических и электрических устройств станка, обеспечивающих его безопасную эксплуатацию. Если кнопка 9 не загорится белым светом, то на сенсорной панели управления станком появится описание причины возникновения ошибки, которую необходимо устранить.

7. Замерить геометрические параметры (толщину, ширину, длину) обрабатываемой заготовки.

8. Основываясь на теоретических расчетах и рекомендациях по эксплуатации станка при обработке древесных материалов, в соответствии с индивидуальным заданием на панели управления станком ввести параметры и режимы обработки заготовок (скорость резания, скорость подачи, величина припуска на обработку), также включить обдув шлифовальных лент посредством пневматических форсунок.

9. На панели управления станком ввести в действие в рабочие положения соответствующие узлы F , R и C станка или их комбинацию для обработки заготовок на установленном режиме.

10. Включить лабораторный стенд станка, предназначенный для регистрации параметров обработки материалов на фрезерно-шлифовальном станке. Лабораторный стенд станка включает контрольно-измерительную аппаратуру и управляющий компьютер со специальным программным обеспечением. Программное обеспечение лабораторного стенда дает возможность сбора информации от подчиненного контроллера отсчетов выходной мощности электроприводов рабочих узлов R и C для последующего их анализа; сохранения полученных значений выходной мощности электроприводов для последующего анализа; ручного ввода с последующим сохранением параметров работы станка в файле отсчетных данных.

11. Запускается программное обеспечение лабораторного стенда.

12. При включении всех рабочих приводов станка на установленный режим обработки на панели (рис. 12) программного обеспечения схематично будет отображаться движение механизмов станка при работе.

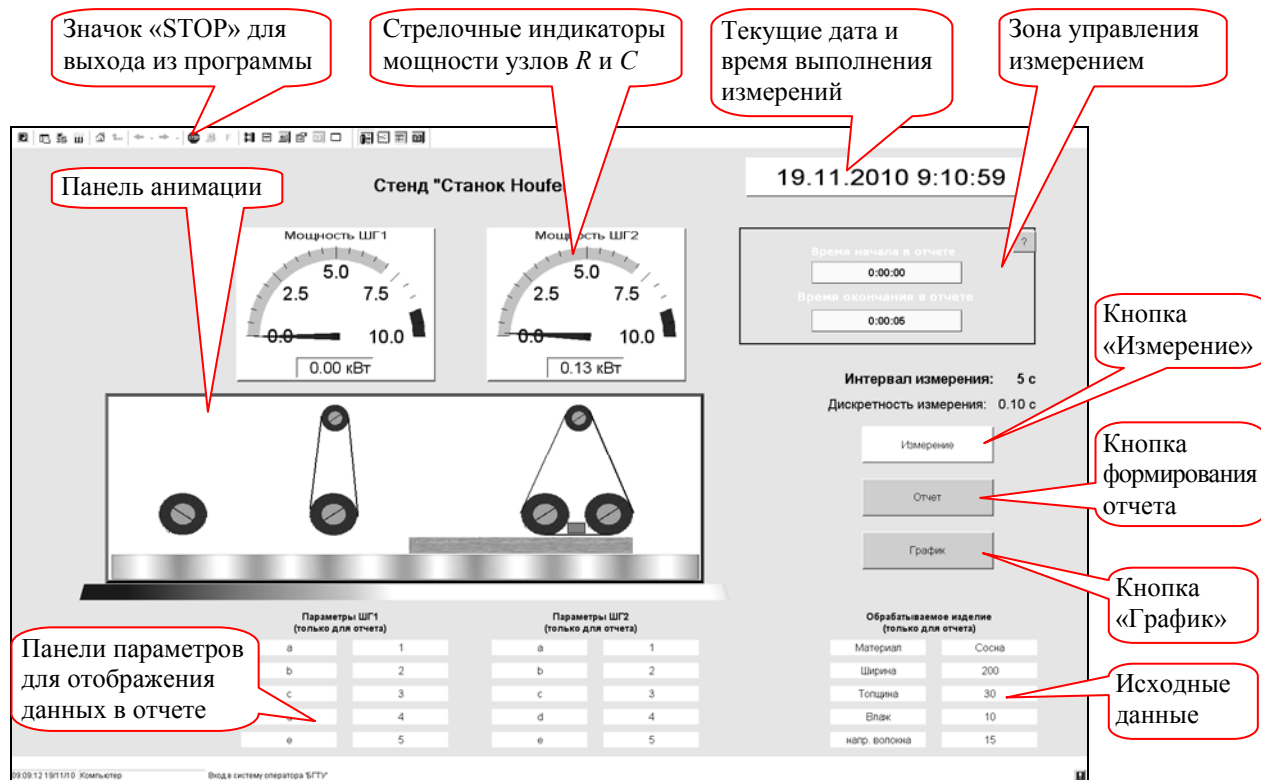


Рис. 12. Панель специального программного обеспечения лабораторного стенда фрезерно-шлифовального станка

13. Панель параметров программного обеспечения позволяет вносить любую текстовую информацию, которая будет дополнять или пояснять данные при формировании отчета. Дополнительные пояснения можно вносить и после непосредственных измерений перед нажатием на кнопку «Отчет» панели анимации. Зона управления измерением параметров позволяет задавать интервал измерения (в секундах, например 5 с), дискретность (шаг) измерения, отображает время начала и окончания измерений. Кнопка «Измерение» на панели анимации запускает регистрацию параметров. В процессе измерения осуществляется индикация времени до окончания процесса регистрации выходной мощности узлов R и C . Во время измерения можно изменять параметр «Интервал измерения». Цветные стрелочные индикаторы отображают текущие мгновенные значения потребляемой мощности электродвигателями узлов R и C .

14. Нажать кнопку «Измерение» на панели программного обеспечения.

15. По окончании измерения генерируется отчет. Для этого необходимо нажать на кнопку «Отчет». Откроется окно с отчетом в виде текстового файла (рис. 13).

Обрабатываемое изделие	Параметры ШГ1	Параметры ШГ2
Материал береза Ширина 150 Толщина 36 Влаж 10 напр. волокна вдоль волокон	зернистость 80 скорость резания 18 м/с давление 5 атм скорость подачи 5 м/мин порода сосна	зернистость 120 скорость резания 18 м/с давление 5 атм скорость подачи 5 м/мин порода сосна

Время	Мощность ШГ1, кВт	Мощность ШГ2, кВт
8:48:26	1.28	1.33
8:48:27	1.30	1.33
8:48:28	1.21	1.32
8:48:29	1.20	1.31
8:48:30	1.19	1.34
8:48:31	1.22	2.47
8:48:32	1.18	2.36
8:48:33	1.21	1.62
8:48:34	1.16	1.55
8:48:35	1.22	1.71
8:48:36	1.24	1.74
8:48:37	1.17	1.69
8:48:38	1.23	1.39
8:48:39	1.17	1.98
8:48:40	1.20	1.91
8:48:41	1.18	1.30
8:48:42	1.22	1.33
8:48:43	1.22	1.31
8:48:44	1.19	1.30
8:48:45	1.21	1.30
8:48:46	1.18	1.31
8:48:47	1.21	1.31
8:48:48	1.17	1.31
8:48:49	1.24	1.31
8:48:50	1.23	1.30

Рис. 13. Отчет в виде таблицы в текстовом файле

16. После просмотра отчет сохраняется. Для этого необходимо выбрать команду «Сохранить» на панели инструментов, выбрать нужный формат отчетного документа, нажать «ОК», выбрав директорию и обозначив имя файла. Нажать кнопку «Сохранить».

17. Кнопка «График» на панели позволяет отображать измеряемые мощностные параметры станка в режиме реального времени (рис. 14). При выборе нужного параметра в нижней части графика он становится активным, автоматически изменяется масштаб по осям координат. Остальные параметры отображаются в фоновом режиме.

18. Проанализировать данные по измеренным экспериментальным путем значениям потребляемой электроприводами мощности из сгенерированного отчета и сравнить их с рассчитанными теоретическим путем.

19. Построить графические зависимости потребляемой мощности электроприводами станка от указанного преподавателем параметра (скорости резания, толщины стружки и т. д.), сделать соответствующие выводы.

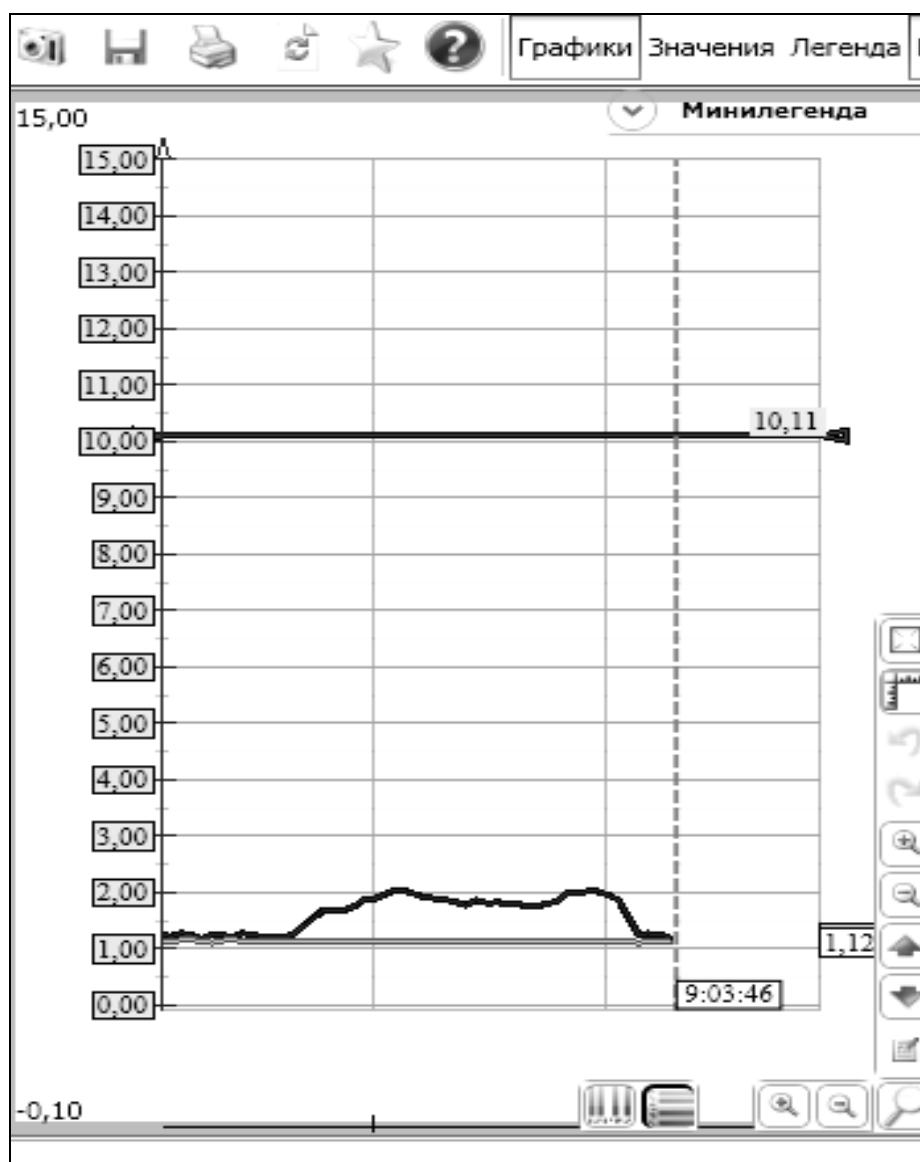


Рис. 14. Отчет в виде графика измеренных данных

20. Измерить параметры шероховатости обработанной поверхности согласно методике, представленной в ГОСТ 15612–85 (СТ СЭВ 4689–84).

21. Определить период стойкости шлифовальной ленты. Для этого необходимо настроить станок на заданный режим работы в соответствии с заданием преподавателя и с постоянной величиной припуска осуществлять обработку заготовок до тех пор, пока не произойдет потеря режущей способности ленты. При проведении экспериментов суммируется общее время непосредственной работы соответствующего узла со шлифовальной лентой заданной зернистости во взаимодействии с обрабатываемой заготовкой.

22. По завершении работ отключить фрезерно-шлифовальный станок от электропитания сети.

23. Сдать измерительный инструмент преподавателю и привести рабочее место в порядок (убрать мусор, протереть станок от пыли и т. д.).

24. Оформить отчет о лабораторной работе. Форма отчета представлена в приложении 1.

3. Методические указания

Для выполнения лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал по разделу «Шлифование», ознакомиться с существующими методами расчета мощности, необходимой для реализации процесса шлифования, проведения измерений параметров шероховатости обработанной поверхности в соответствии с действующим ГОСТ 15612–85 (СТ СЭВ 4689–84). Изучить «Памятку» для работающего на шлифовальном оборудовании (расположена непосредственно на рабочем месте возле станка). Преподаватель выдаст индивидуальное задание, образцы заготовок различных пород древесины и измерительный инструмент для выполнения соответствующих замеров.

4. Контрольные вопросы

1. Цель и задачи лабораторной работы.

2. Какой процесс абразивной обработки называется шлифованием, а какой – полированием?

3. Согласно ГОСТ 21445–84 дать определения следующим абразивным инструментам: шлифовальный круг, шлифовальная шкурка, шлифовальный лист, шлифовальная лента, бесконечная шлифовальная лента.

4. Какие абразивные материалы применяют для изготовления шлифовального инструмента? Их обозначения и технические характеристики. Что такое связка, зернистость, твердость, структура, концентрация в абразивном инструменте?

5. Дайте определение износостойкости и времени работы до износа шлифовальной шкурки. От каких факторов они зависят?

6. Запишите основные расчетные формулы, используемые при решении конструкторско-технологической задачи.

7. Назначение широколенточного станка Houfek Bulldog 910 FRC, его основные технические характеристики.

8. Опишите основные узлы фрезерно-шлифовального станка.
9. Как осуществляется настройка станка на заданный режим обработки?
10. **Какие устройства обеспечивают безопасную эксплуатацию фрезерно-шлифовального станка Houfek Bulldog 910 FRC?**
11. Что такое секционная пневматическая планка, ее назначение в конструкции станка?
12. Что такое осцилляция и какую функцию в станке она выполняет?
13. Приведите несколько примеров режимов обработки заготовки из древесины сосны с получением шлифованных с двух сторон поверхностей: исходная толщина 20 мм, финишная – 17 мм.
14. Какие физические величины позволяет измерить лабораторный стенд станка?

Общие сведения

Фрезерованием называется процесс резания вращающимися ножами (резцами, зубьями), в котором траекторией резания является циклоида [6].

Технологической целью фрезерования является преимущественно окончательное формирование поверхностей деталей. Может также применяться для получения технологической щепы, при обработке деталей с целью получения отверстий, гнезд и т. д.

Фреза – лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания инструмента без изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения.

Виды фрезерования. Виды фрезерования классифицируют по ряду признаков (рис. 15).

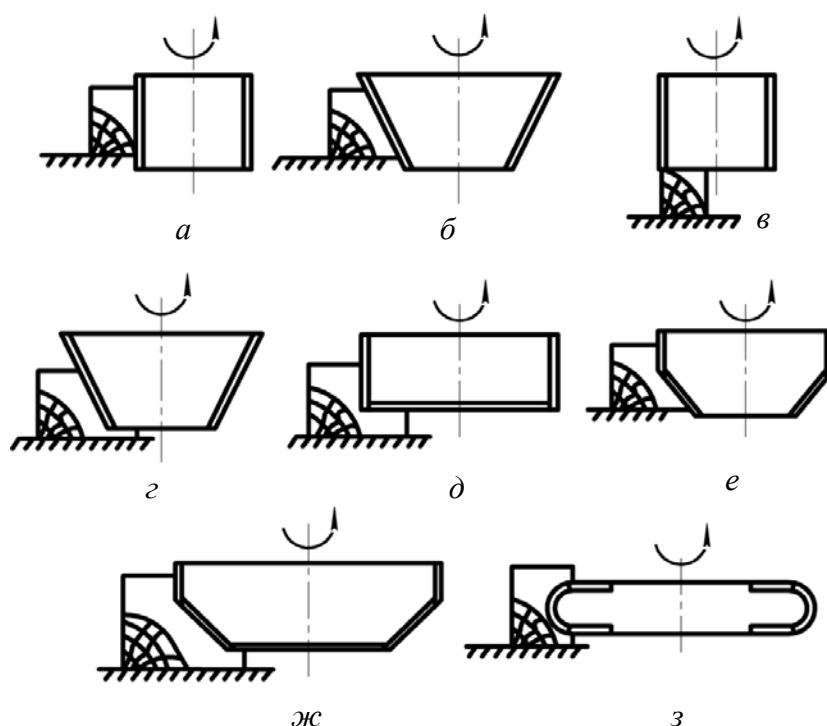


Рис. 15. Виды фрезерования:

- а* – цилиндрическое; *б* – коническое; *в* – торцовое; *г* – торцово-коническое;
д – торцово-цилиндрическое; *е* – цилиндро-коническое;
жс – цилиндро-торцово-коническое; *з* – профильное

1. По расположению лезвий в корпусе инструмента относительно оси вращения и форме поверхностей, описываемых лезвиями в пространстве: **цилиндрическое** (рис. 15, *а*) (лезвия параллельны оси вращения инструмента и при вращении описывают цилиндрические поверхности), **коническое**

(рис. 15, б) (лезвия наклонены к оси вращения инструмента на некоторый угол и описывают при вращении конические поверхности), **торцовое** (рис. 15, в) (лезвия расположены перпендикулярно оси вращения инструмента и описывают при вращении плоские поверхности кольца или круга). Сочетание этих видов (цилиндрического, конического, торцевого) дают разновидности: торцово-коническое (рис. 15, г), торцово-цилиндрическое (рис. 15, д), цилиндро-коническое (рис. 15, е) и цилиндро-торцово-коническое (рис. 15, ж). Вид фрезерования, при котором лезвия имеют криволинейное очертания и при вращении описывают сложную поверхность вращения, называют **профильным фрезерованием** (рис. 15, з) (его можно рассматривать как частный случай цилиндро-торцово-конического резания, когда длина отдельных прямолинейных отрезков, составляющих профиль сечения обработанной поверхности, стремится к нулю).

2. По положению обработанной поверхности и направлению подачи относительно волокон древесины различают фрезерование **вдоль волокон** (\parallel) (продольное, рис. 16, а), при котором обработанная поверхность и направление подачи параллельны волокнам; **поперек волокон** (\perp) (поперечное (рис. 16, б), при котором обработанная поверхность параллельна волокнам, а направление подачи перпендикулярно им; **в торец** (\perp) (торцевое (рис. 16, в), при котором обработанная поверхность и направление подачи перпендикулярны направлению волокон.

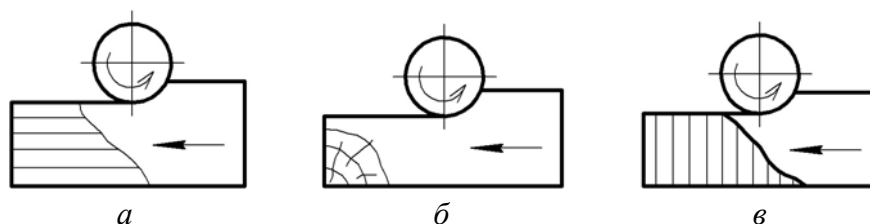


Рис. 16. Фрезерование:

а – вдоль волокон; б – поперек волокон; в – в торец

3. По количеству участвующих в процессе резания лезвий различают **открытое** (однолезвийное) (рис. 17, а), **полузакрытое** (двухлезвийное) (рис. 17, б), **закрытое** (трехлезвийное) (рис. 17, в) фрезерование.

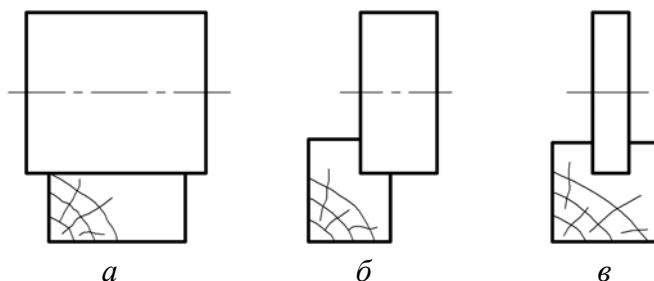


Рис. 17. Фрезерование:

а – открытое; б – полузакрытое; в – закрытое

4. По направлению подачи заготовки относительно направления вращения инструмента фрезерование может быть **встречным** (рис. 18, а) или

попутным (рис. 18, б). Попутное фрезерование не нашло широкого применения из-за повышенного расхода электроэнергии на резание (в 1,5–2,0 раза больше, чем при встречном) и опасности неконтролируемой подачи заготовки от действия силы резания. Используется в случае обработки деталей из древесины и древесных материалов по контуру на участках, где требуется качественная обработанная (и только с механической подачей) поверхность.

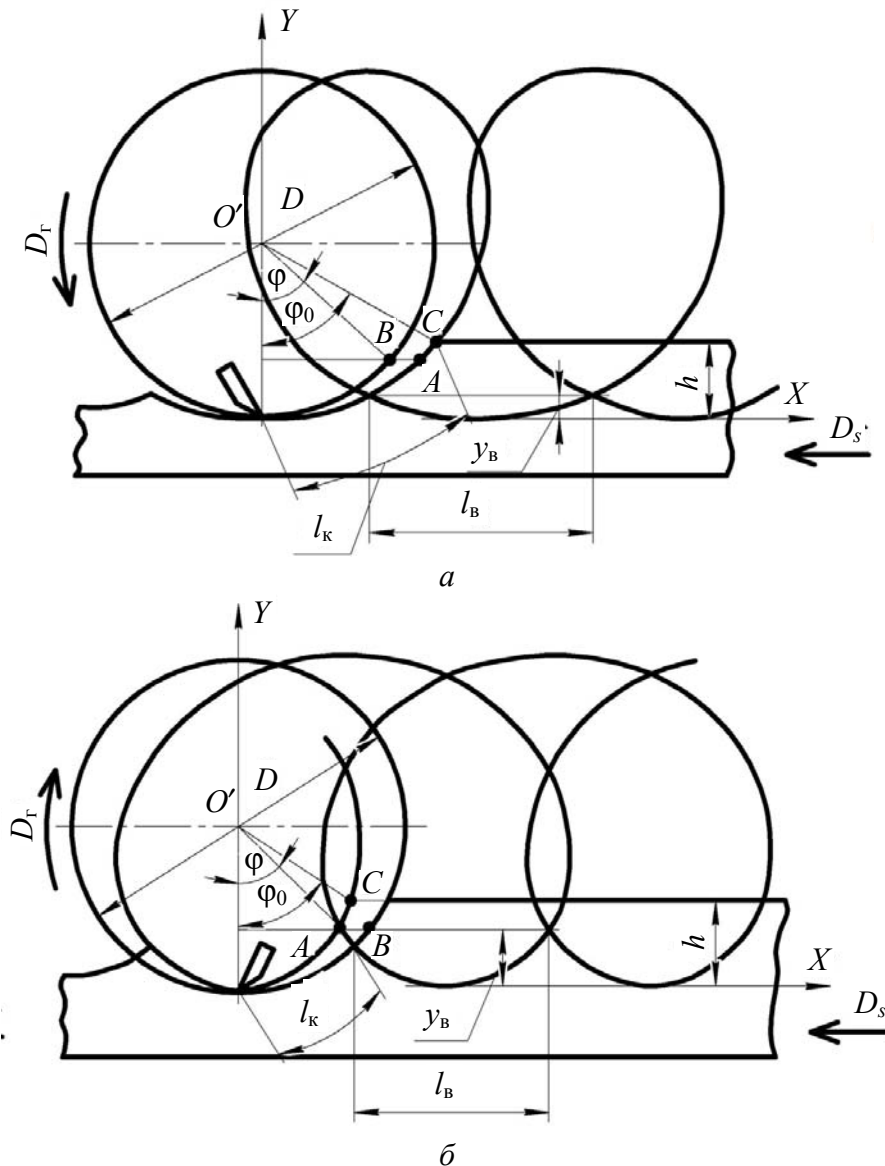


Рис. 18. Фрезерование встречное (а) и попутное (б)

Кинематика. При фрезеровании главное движение – это вращательное движение инструмента, при котором каждая точка режущей кромки описывает окружность (окружность резания), характеризующуюся радиусом резания R (мм) (рис. 19). Вращение происходит с постоянной частотой n (мин^{-1}). Скорость главного движения V , м/с, вычисляется по формуле

$$V = \frac{2\pi \cdot R \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (11)$$

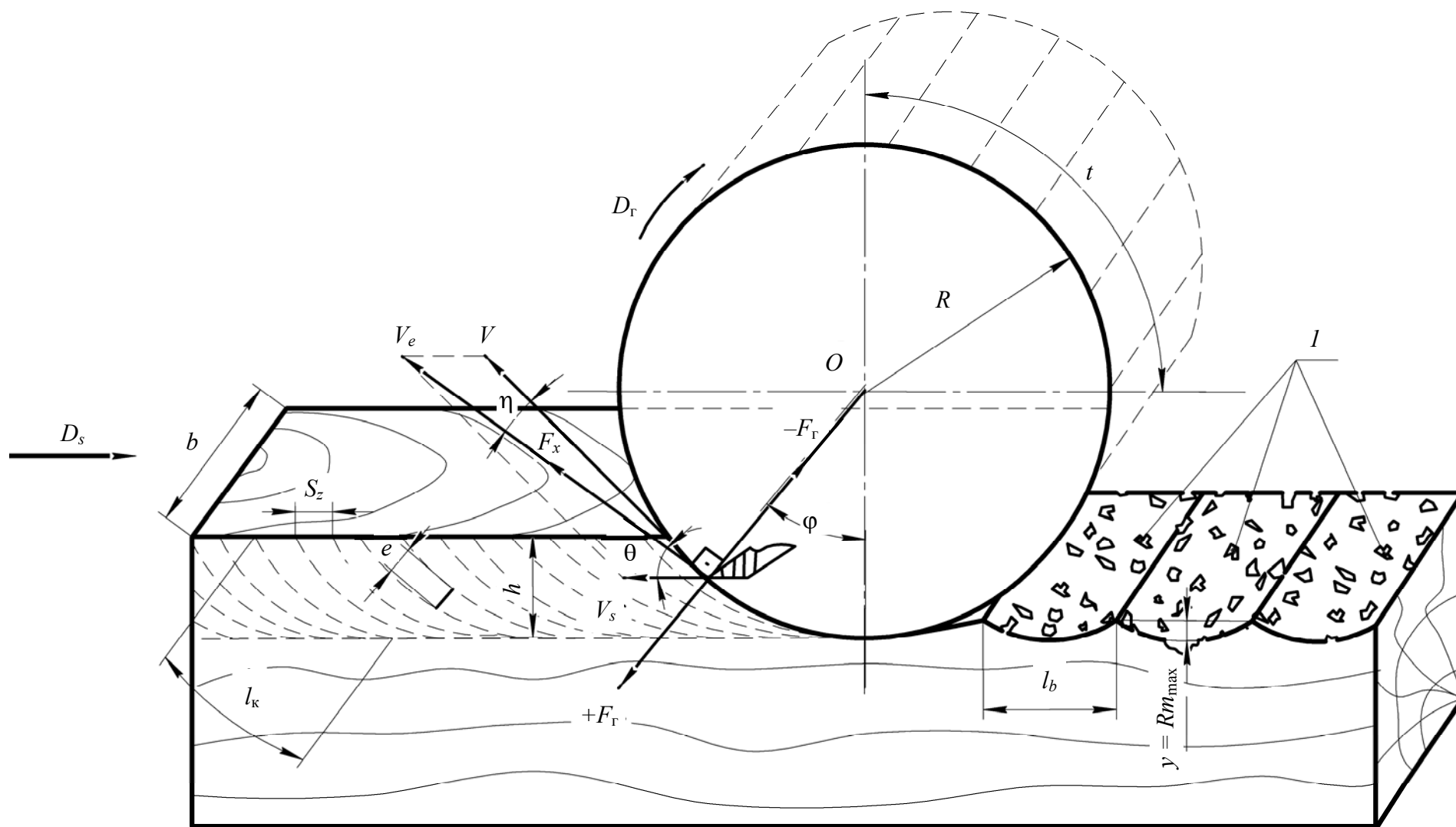


Рис. 19. Схема фрезерования

Траекторией движения подачи может быть как прямая линия, так и криволинейная. Скорость подачи V_s , м/мин, как правило, постоянна во времени и является основной характеристикой производительности процесса фрезерования:

$$V_s = \frac{S_z \cdot z \cdot n}{1000}, \quad (12)$$

где S_z – подача на один нож (зуб), мм;

z – количество ножей (зубьев), участвующих в процессе резания, за один полный рабочий цикл (оборот фрезы на 360°), шт.

Однако только по величине V_s нельзя судить о режиме работы отдельного лезвия. Поэтому для анализа процесса пользуются производными параметрами: подача на один оборот инструмента S_0 , мм, и подача на один нож (зуб) S_z , мм (рис. 20):

$$S_0 = \frac{1000 \cdot V_s}{n}; \quad S_z = \frac{S_0}{z}. \quad (13)$$

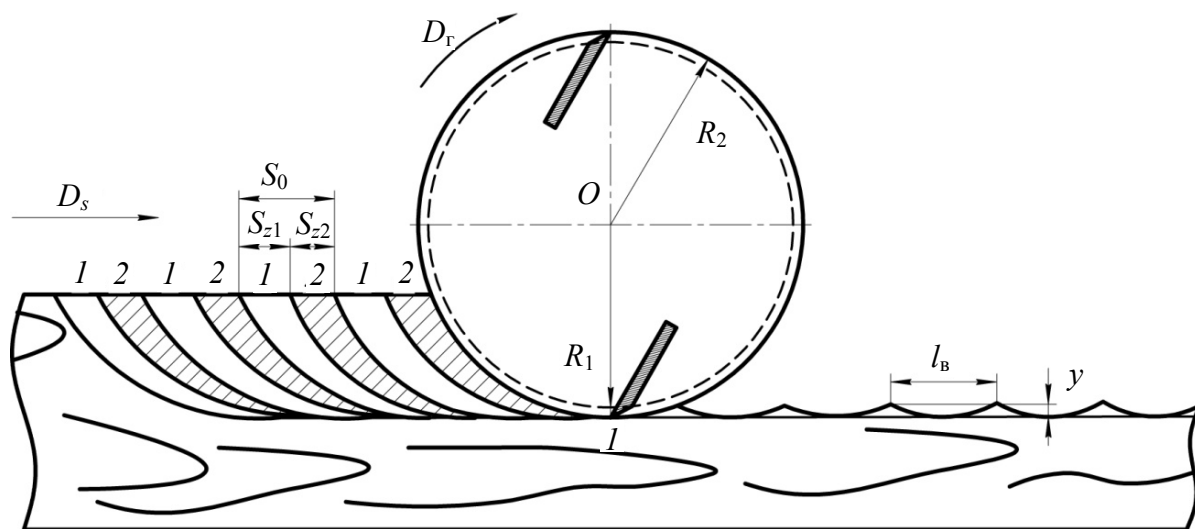


Рис. 20. Схема подачи материала на один оборот инструмента при фрезеровании

Шероховатость поверхности после фрезерования. На шероховатость поверхности, полученной фрезерованием, определяющим образом влияют кинематические неровности (волны), неровности от вибрации (инструмента, материала), неровности разрушения (сколы, вырывы волокон древесины).

Требования к шероховатости должны устанавливаться путем указания параметра шероховатости (одного или нескольких) из номенклатуры, приведенной в п. 6 ГОСТ 7016–82 (СТ СЭВ 3503–81): Rm_{max} , R_m , R_z , S_z .

Методы определения параметров шероховатости поверхности изделий из древесины и древесных материалов должны соответствовать ГОСТ 15612–85 (СТ СЭВ 4689–84).

Требования к шероховатости поверхности не включают требования к механическим повреждениям и порокам в виде резко выделяющихся отдельных неровностей (царапин, выколов и др.).

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются без учета анатомических неровностей древесины (при повышенных требованиях к качеству поверхности допускается устанавливать параметры шероховатости с учетом анатомических неровностей) (рис. 19, 1).

Контроль кинематической волнистости поверхности после фрезерования следует определять измерением на детали длины наибольших волн (рис. 21), а глубину волны $y = Rm_{\max}$, мм, рассчитывать по формуле

$$y = Rm_{\max} = \frac{l_B^2}{8R} = \frac{l_B^2}{4D}, \quad (14)$$

где l_B – замеренная длина волны, мм;

R и D – радиус и диаметр окружности резания, мм.

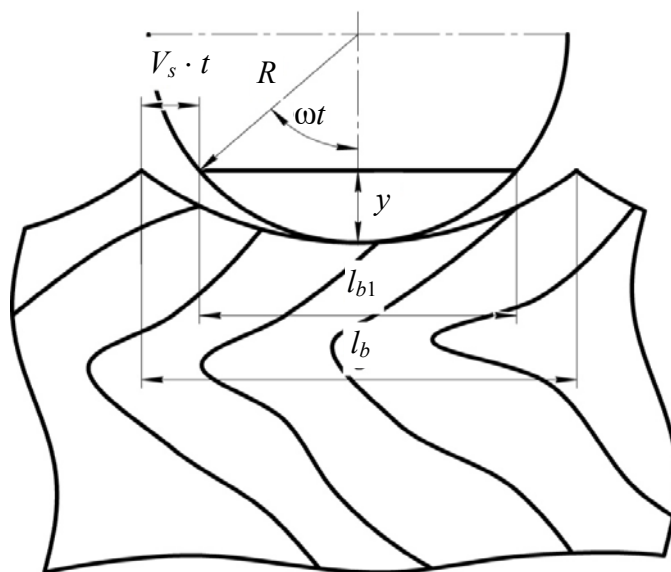


Рис. 21. Схема для определения глубины волны или подачи на нож

Возможную подачу на нож исходя из глубины волны $y = Rm_{\max}$, мм, можно определить из соотношения

$$y = Rm_{\max} = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{S_z}{2}\right)^2}, \quad (15)$$

где S_z – подача на нож за один рабочий цикл инструмента, мм.

Основные расчетные зависимости, используемые при решении конструкторско-технологической задачи

При конструировании или эксплуатации деревообрабатывающего оборудования и инструментов инженер решает задачи по процессам сложного резания. Условно эти задачи могут быть отнесены к одному из двух типов: **конструкторским** (*прямым*, по профессору А. Л. Бершадскому) или **технологическим** (*обратным*, по профессору А. Л. Бершадскому) [4].

Методика решения конструкторской или технологической задач представлена в виде схемы на рис. 22.

Величины, заданные условиями задачи $\varepsilon, a_m, n, T_{cm}, h, \rho_0, \dots$

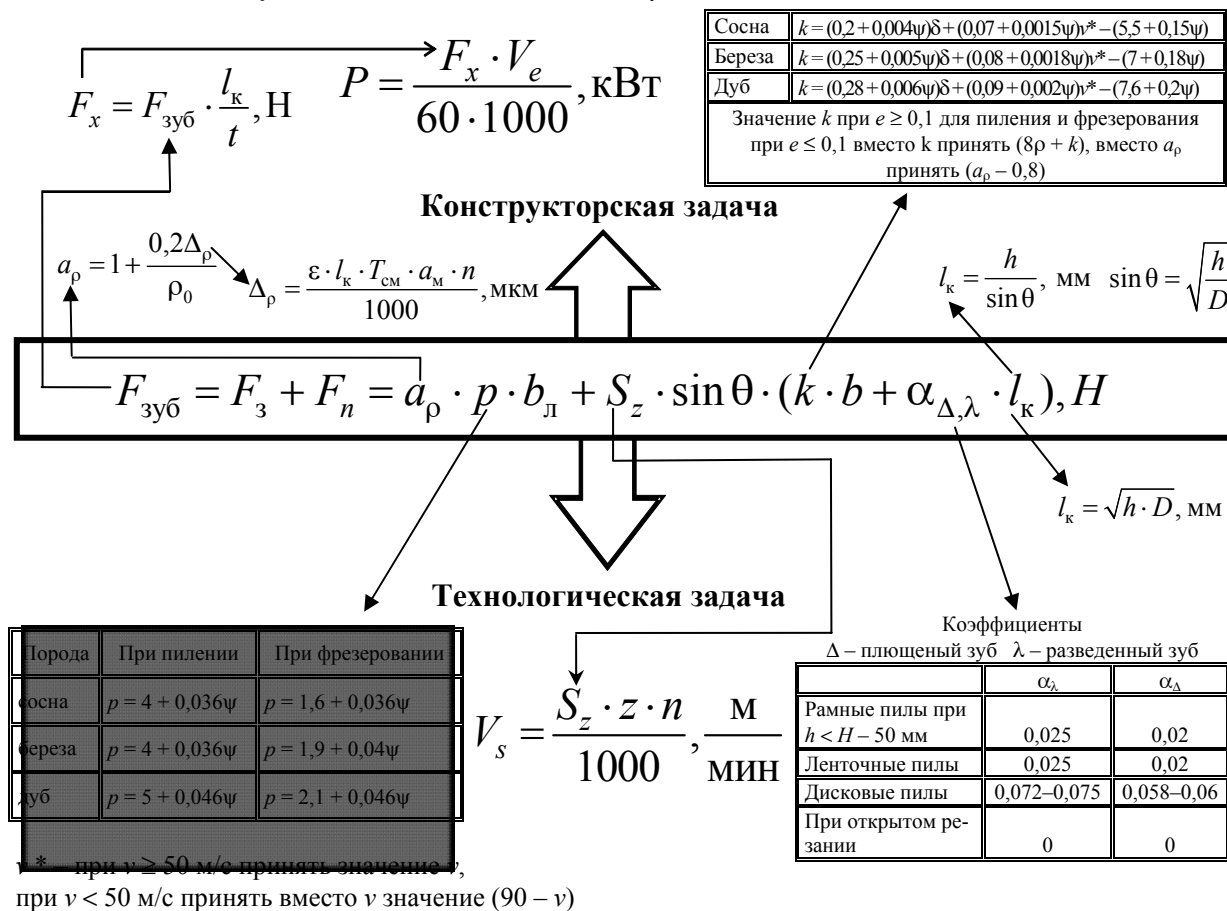


Рис. 22. Схема методики решения конструкторской или технологической задач по механической обработке древесины методом фрезерования, пиления (рамным, ленточным, дисковым)

Конструкторскими называют расчетные задачи, в которых по *заданной скорости подачи* и известным технологическим параметрам обработки (толщине удаляемого припуска, высоте пропила или глубине сверления, породе и влажности древесины и др.) требуется определить мощность и силу (составляющие силы) резания, а также ожидаемую шероховатость обработанной поверхности.

В **технологических** задачах требуется определить главную характеристику режима резания – скорость подачи материала, исходя из *заданной мощности резания* или *сил механизма резания и механизма подачи* с учетом ограничений по шероховатости обработанной поверхности, работоспособности, производительности инструмента и других параметров обработки.

В реальных производственных условиях очень важно научиться назначать для каждого процесса резания оптимальный режим, знать критерии оптимизации, методы и технику разработки режима резания.

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА МОЩНОСТЬ И СИЛУ РЕЗАНИЯ, КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Цели работы:

- получение практических навыков по управлению четырехсторонним продольно-фрезерным станком с числовым программным управлением (на примере 5-шпиндельной машины Unimat 23 EL), подготовка машины к работе и выполнение технологических операций;
- исследование влияния скорости резания и подачи материала на мощность и силу резания при продольном фрезеровании;
- исследование влияния технологических режимов эксплуатации деревообрабатывающего оборудования на качество обработанной поверхности при фрезеровании древесины.

Выполнение поставленной цели предусматривает: знакомство с устройством многошпиндельной машины, ее конструкцией; изучение прикладной программы «COMBIVIS5»; оценку проведения технологической операции фрезерования; настройку машины на требуемые технологические режимы и обработку материала; управление машиной во время ее работы.

Приборы, приспособления, оборудование и инструменты: многошпиндельная машина Unimat 23 EL с ЧПУ, линейка металлическая, штангенциркуль, угломер, весы, индикаторная стойка, заготовка (деревянные бруски).

1. Описание и принцип работы многошпиндельной машины Unimat 23 EL с ЧПУ

Многошпиндельная машина Unimat 23 EL состоит из станка и шкафа управления (рис. 23).



Рис. 23. Общий вид многошпиндельной машины Unimat 23 EL

Станок представляет собой сборную станину, на которой установлены подвижные фрезерные шпиндели и базирующие поверхности – литые пластины с обработанными плоскостями (рис. 24).

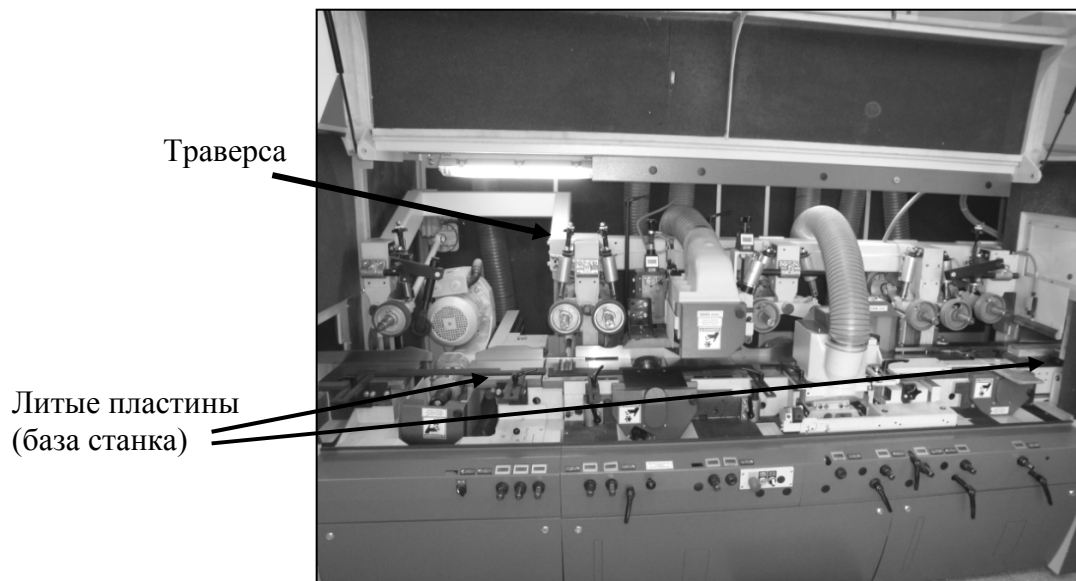


Рис. 24. Вид конструкции станка

Базирующие поверхности устанавливаются в горизонтальной и вертикальной плоскостях, образуя тем самым две базирующие поверхности станка, по которым настраиваются подвижные фрезерные шпиндели в осевом и радиальном направлениях. Настройка может осуществляться тремя способами: вручную с использованием маховика (рис. 25, а), с использованием кнопки управления (рис. 25, б) и с помощью программного управления шаговыми двигателями с пульта (рис. 25, в).

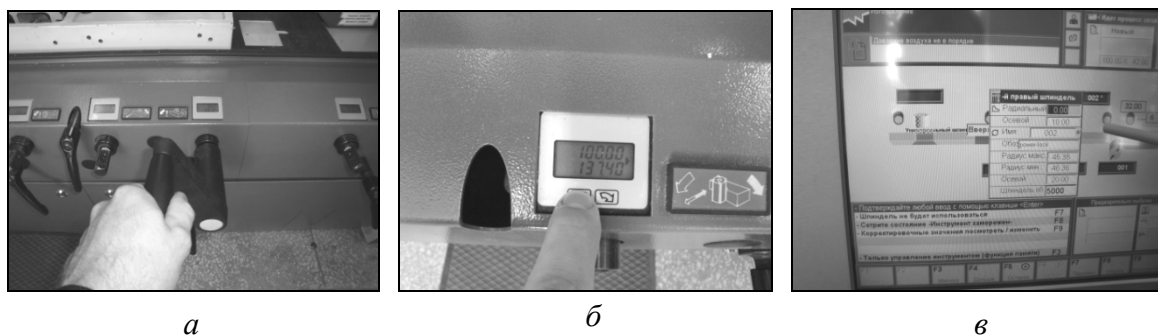


Рис. 25. Способы настройки шпинделей по направлениям:
а – маховиком; б – кнопками; в – с пульта

Кроме механизмов резания – 6 фрезерных шпинделей – на литые станины станка Unimat 23 EL установлена подающая траверса механизма вальцовой подачи распределенного типа (рис. 24).

Для настройки на высоту обрабатываемого материала траверсу перемещают относительно базирующих поверхностей в вертикальной плоскости

с помощью кнопки управления или программного управления шаговым двигателем механизма перемещения подающей траверсы (рис. 26).



Рис. 26. Управление подающей траверсой в вертикальной плоскости

Машина Unimat 23 EL подключается к трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В, а также к автономной или централизованной системе сжатого воздуха давлением не ниже 5 бар. Техническая характеристика станка представлена в табл. 3.

Таблица 3

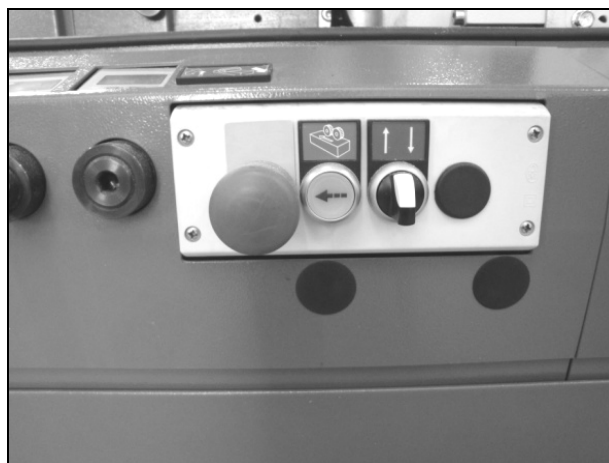
Техническая характеристика Unimat 23 EL

1	Диаметры шлангов для воздуха, мм	140
2	Длина зажима инструмента, мм: – нижний горизонтальный (1-й) – вертикальные правый и левый (2-й и 3-й) – верхний горизонтальный (4-й) – нижний горизонтальный (5-й) – верхний универсальный (6-й)	240 170 247 247 240
3	Мощность двигателей, кВт: – механизмов резания – механизма подачи	6,0–7,5 3,0
4	Максимальные/минимальные размеры заготовок, мм: – ширина при диаметре инструмента 140 мм – толщина при диаметре инструмента 163 мм	230/20 160/8
5	Минимальный/максимальный диаметры окружности резания шпинделей, мм: – нижний горизонтальный (1-й) – фальцовочная фреза – вертикальный правый (фуговальный) (2-й) – максимальный диаметр окружности за упором – вертикальный левый (3-й) – верхний горизонтальный (4-й) – нижний горизонтальный (5-й) – верхний универсальный (6-й)	125/183 160 112/250 203 112/232 100/225 100/250 100/200
6	Частота вращения шпинделей, мин ⁻¹ : – вертикальный правый (фуговальный) (2-й) – остальные	1000–12 000 8000
7	Скорость подачи, м/мин	6–36

С целью **безопасной эксплуатации** многооперационная машина Unimat 24EL оснащена общим и местными защитными ограждениями (рис. 27, а), концевыми выключателями и блокировками (рис. 27, б), системой удаления отходов (рис. 27, в), устройством электрического торможения шпинделей механизмов, центральным замком с тремя положениями работы (I – режим наладки станка, О – режим проверки работы станка (есть **опасность включения двигателей при открытом ограждении станка**), II – режим автоматической работы станка) (рис. 27, г).



Защитные ограждения



Концевые выключатели
и блокировка



Система удаления отходов



Центральный замок

Рис. 27. Устройства безопасной эксплуатации Unimat 23 EL

Шкаф управления машиной состоит из каркаса коробчатой формы, внутри которого установлена на DIN-линейки аппаратура управления двигателями постоянного и переменного тока, а также пульт управления. «Мозг» машины находится в контроллере, который, обрабатывая данные датчиков управления, выдает управляющие сигналы и визуальную информацию на сенсорный дисплей пульта управления (рис. 28).

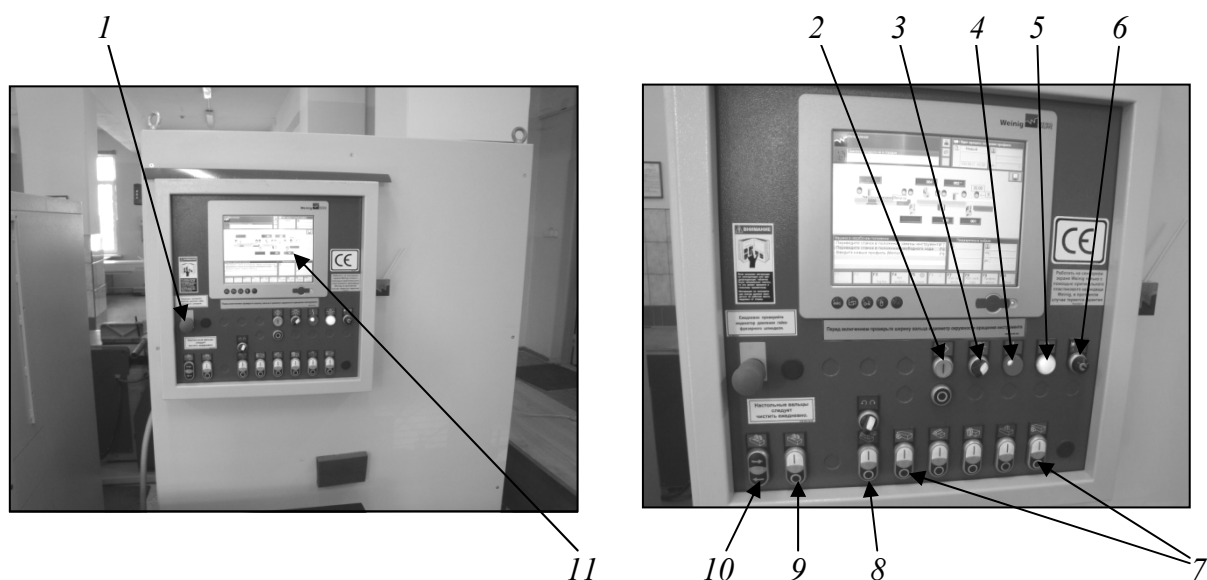


Рис. 28. Пульт управления станком с сенсорным экраном

Пульт управления состоит из следующих элементов (рис. 28):

- 1 – кнопка аварийной остановки;
- 2 – кнопки пуска и остановки процесса автоматической настройки станка (квитирование);
- 3 – включатель света в станке;
- 4 – индикатор напряжения в станке;
- 5 – индикатор разблокировки замка откидного ограждения;
- 6 – замок для установки и блокировки режимов эксплуатации станка;
- 7 – кнопки пуска (белая) и остановки (черная) двигателей механизмов резания станка;
- 8 – тумблер выбора направления вращения универсального шпинделя;
- 9 – кнопки пуска и остановки двигателя механизма подачи;
- 10 – кнопки для продвижения заготовки в прямом и обратном направлениях в ручном режиме;
- 11 – сенсорный экран ввода и вывода управляющей информации.

2. Последовательность выполнения работы

1. С использованием угломера и штангенциркуля измерить параметры инструмента и заготовки. Данные занести в отчет о лабораторной работе (приложение 2).

2. Согласовать с преподавателем переменный фактор эксперимента, а также его значение.

3. Осмотреть машину Unimat 23 EL на наличие визуальных неисправностей (оборвана электропроводка, снято ограждение, не убрана машина и др.) и при их обнаружении сообщить преподавателю. Замок управления машиной должен находиться в положении I, как показано на рис. 27, з.

4. Включить местный рубильник, подключающий машину Unimat 23 EL к трехфазной сети, после чего включить компрессор (рис. 29), а также тумблер

на торцевой части шкафа управления машиной Unimat 23 EL. Включить компьютер, убедившись, что к COM-порту подключен кабель, соединяющий частотный преобразователь механизма управления правым вертикальным шпинделем с ЭВМ.

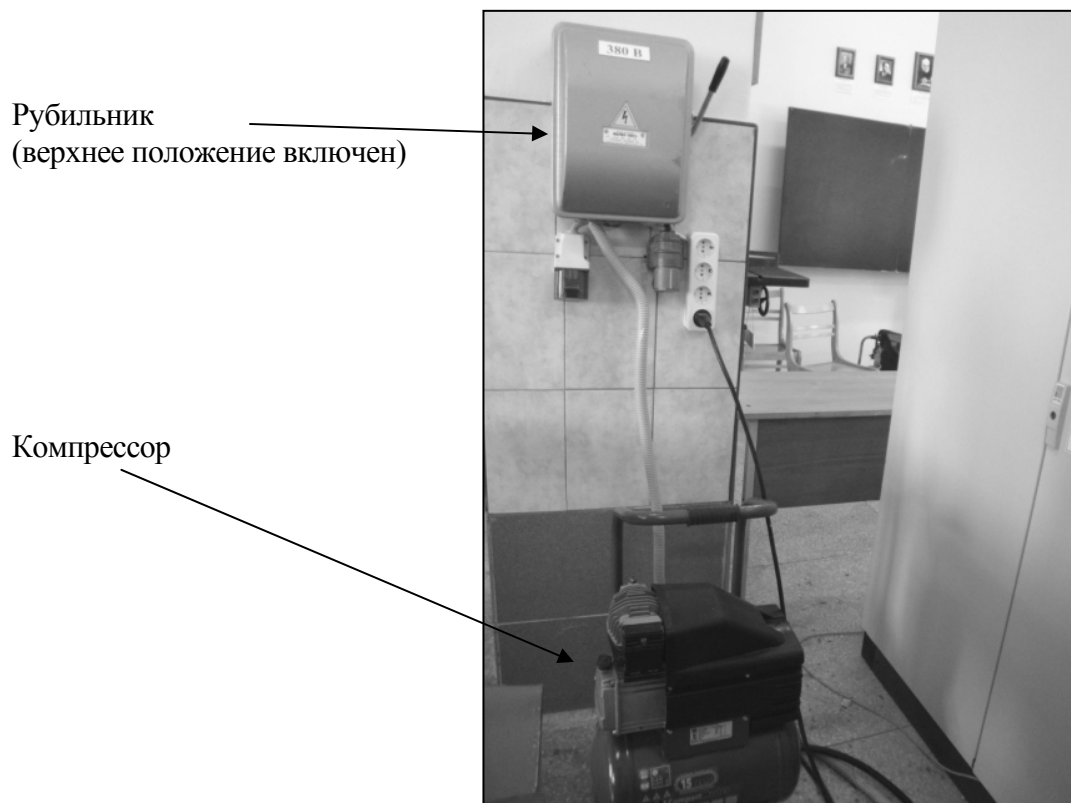


Рис. 29. Подключение машины Unimat 23 EL

5. Измерить размеры заготовки A' и B' (рис. 31). Задать припуски на обработку нижним (1-м) инструментом h_1 и 2-м шпинделем h_2 не более 3 мм с использованием рукояток, представленных на рис. 30.

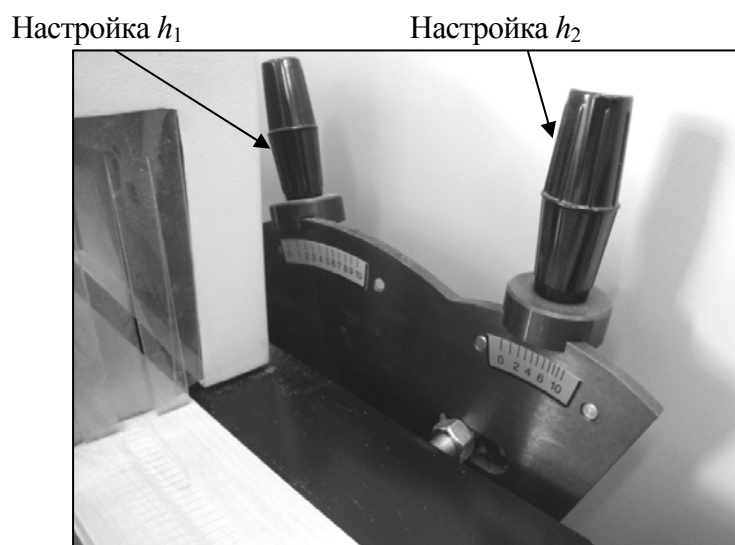


Рис. 30. Фиксирующие рукоятки для настройки h_1 и h_2

Припуск на обработку 3-м и 4-м шпинделями задается на основании рис. 31.

От высоты заготовки B' отнимается высота получаемой детали B . Рукояткой с фиксатором (рис. 30) устанавливается припуск на обработку первого шпинделя станка h_1 (рис. 31). 4-й горизонтальный шпиндель будет иметь припуск на обработку h_4 :

$$h_4 = B_1 - B - h_1. \quad (16)$$

Необходимо выбрать размер B таким образом, чтобы припуск h_4 был меньше или равен 3 мм.

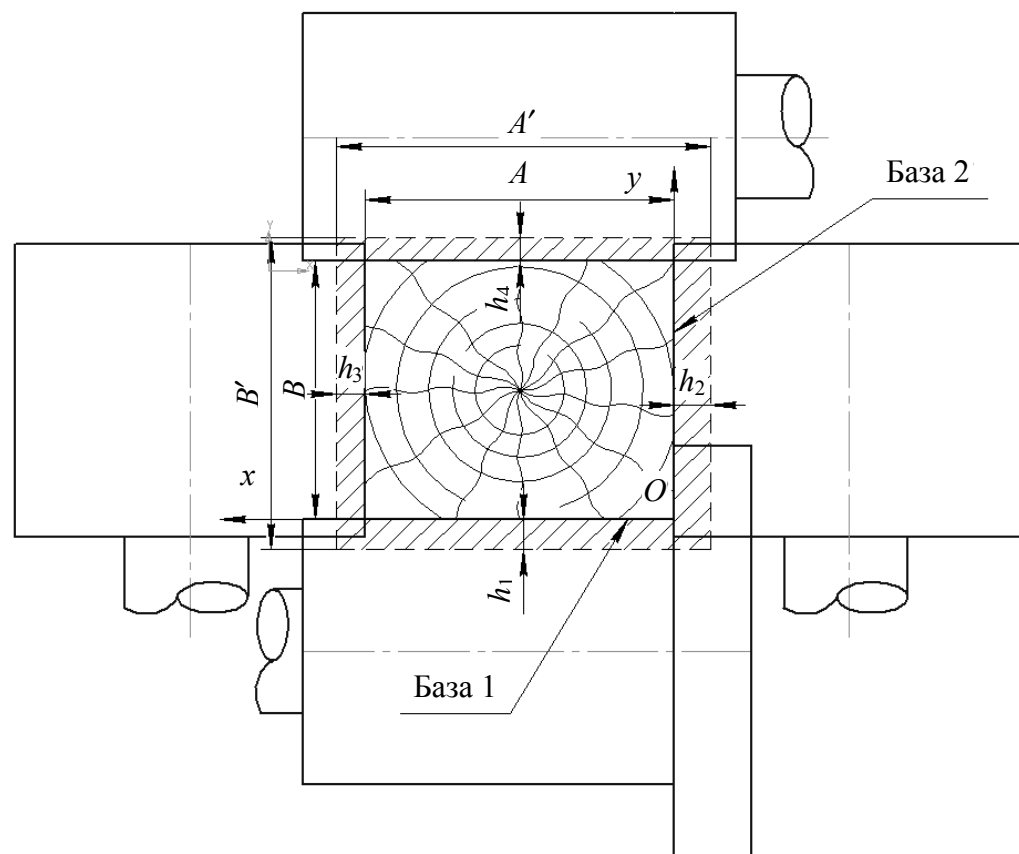


Рис. 31. Общая схема наладки 4-стороннего станка

Аналогично устанавливается и припуск на обработку вертикальных шпинделей. Устанавливается припуск h_2 с помощью рукоятки, представленной на рис. 30. После настройки указанные рукоятки должны быть обязательно зафиксированы вращением их по часовой стрелке.

От ширины заготовки A' отнимается ширина получаемой детали A . Рукояткой с фиксатором (рис. 30) устанавливается припуск на обработку второго шпинделя станка h_2 (рис. 31). 3-й вертикальный шпиндель будет иметь припуск на обработку h_3 :

$$h_3 = A_1 - A - h_2. \quad (17)$$

Необходимо выбрать размер A таким образом, чтобы припуск h_3 был меньше или равен 3 мм.

6. Установить значения размеров получаемой детали A и B с помощью стикера на сенсорном экране. Нажатием по третьему инструменту установить радиальный размер B , а нажатием по четвертому инструменту – размер A (рис. 32).

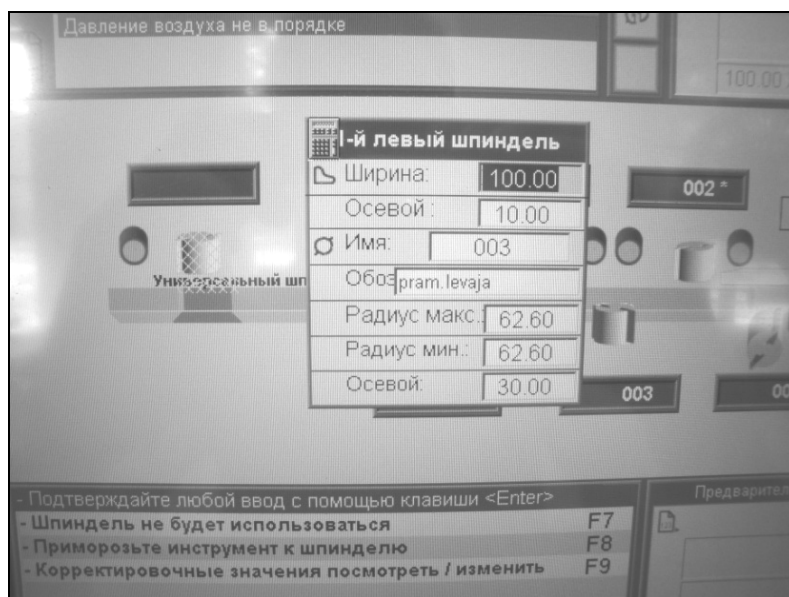
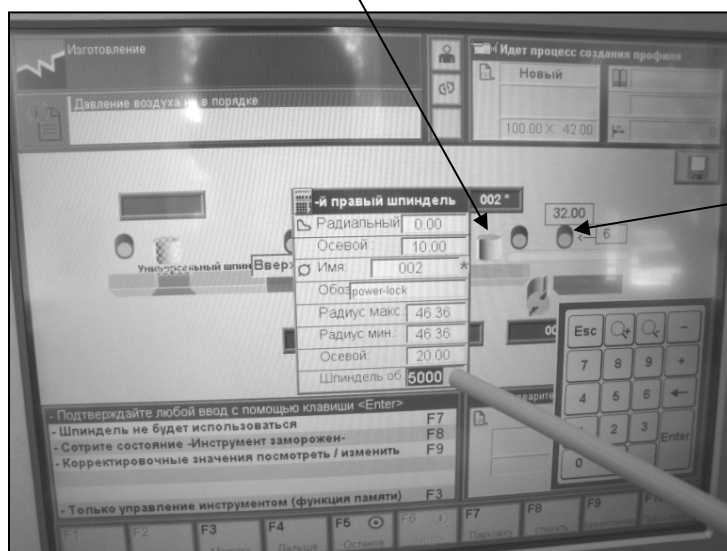


Рис. 32. Настройка радиального размера 3-го (левого) шпинделя

7. Вызвать на экране второй шпиндель (правый) и задать требуемую частоту вращения инструмента в диапазоне от 3000 до 12 000 мин^{-1} , рассчитав ее исходя из требуемой скорости главного движения (рис. 33).

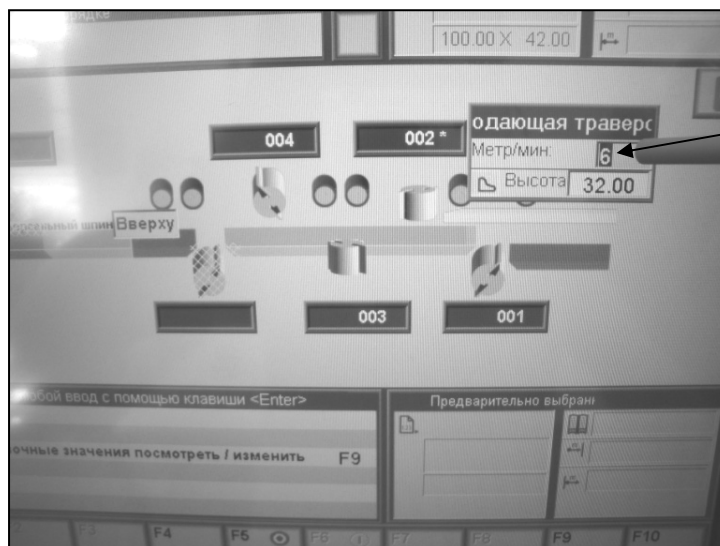
Второй (правый) шпиндель (нажать здесь)



При задании скорости подачи и высоты валцов над материалом нажать здесь

Рис. 33. Задание скорости вращения 2-го (правого) шпинделя

8. Задать скорость подачи V_s , м/мин, и высоту подающих валцов, которая должна быть меньше на 1–2 мм размера B получаемой детали (рис. 34).



Кликнуть по числу для вызова панели клавиатуры

Рис. 34. Задание скорости подачи и высоты подающих валцов

9. После задания основных технологических режимов эксплуатации станка Unimat 23 EL необходимо с помощью ключа перейти в О-режим проверки работы станка (рис. 27, з).

10. Нажать два раза кнопку квитирования на панели управления Unimat 23 EL (рис. 35). При этом узлы станка переходят в рабочие позиции, и требуется следить при открытом кожухе за тем, чтобы шпиндели не столкнулись с другими элементами оборудования. В случае возможной аварийной ситуации необходимо немедленно нажать красную кнопку аварийной остановки (рис. 36).

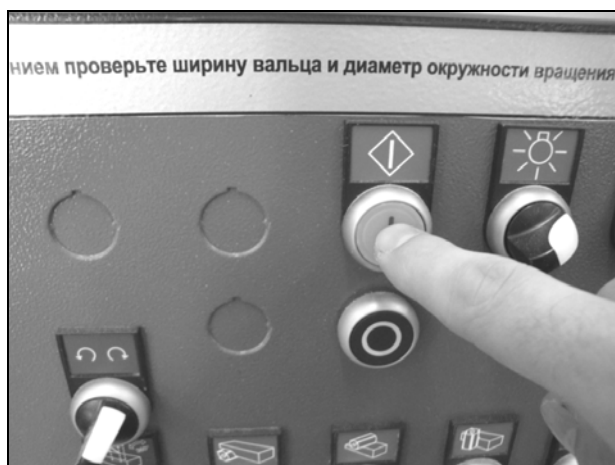


Рис. 35. Квитирование операции настройки

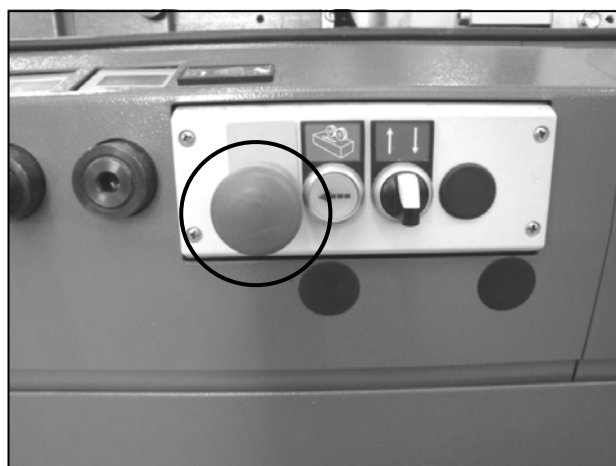


Рис. 36. Кнопка аварийной остановки (красная)

11. Задать давление в 2 атмосферы (bar) подающих валцов с использованием дросселей с манометрами, расположенными на корпусе станка (рис. 37). Для этого необходимо небольшим усилием вытянуть регулятор и установить вращением по часовой стрелке (увеличить) или против часовой стрелке (уменьшить) требуемое давление.

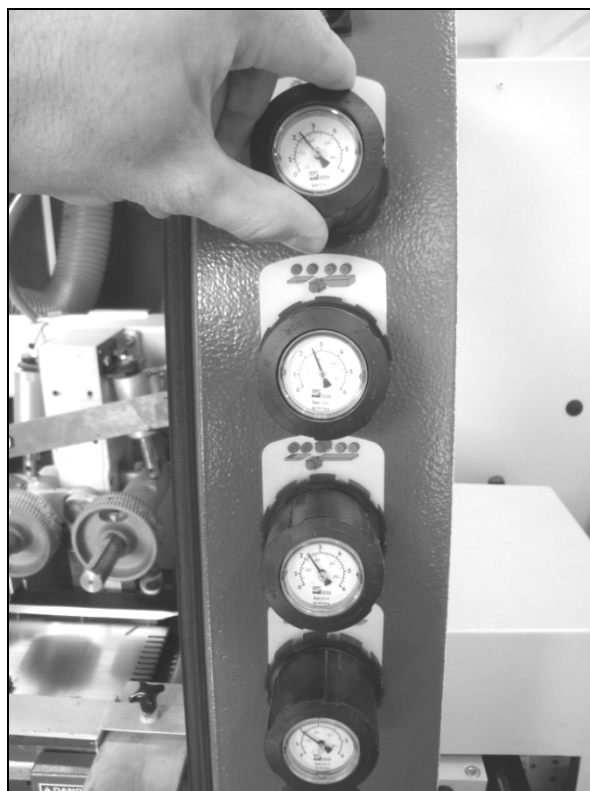


Рис. 37. Регулирование давления
подающих вальцов

12. Перевести машину в режим автоматической работы (II) с использованием ключа (рис. 27, з) и закрыть внешний кожух.

13. Запустить программу «COMBIVIS5», файл которой находится на рабочем компьютере (рис. 38).

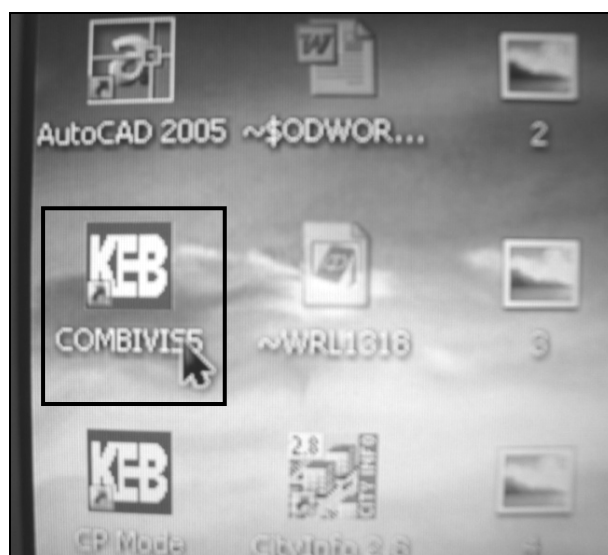


Рис. 38. Рабочий файл
на рабочем столе компьютера

14. После запуска программы происходит поиск внешнего устройства (частотного преобразователя привода механизма резания).

15. Далее следует выбрать пиктограмму «Осциллограф» (рис. 39).

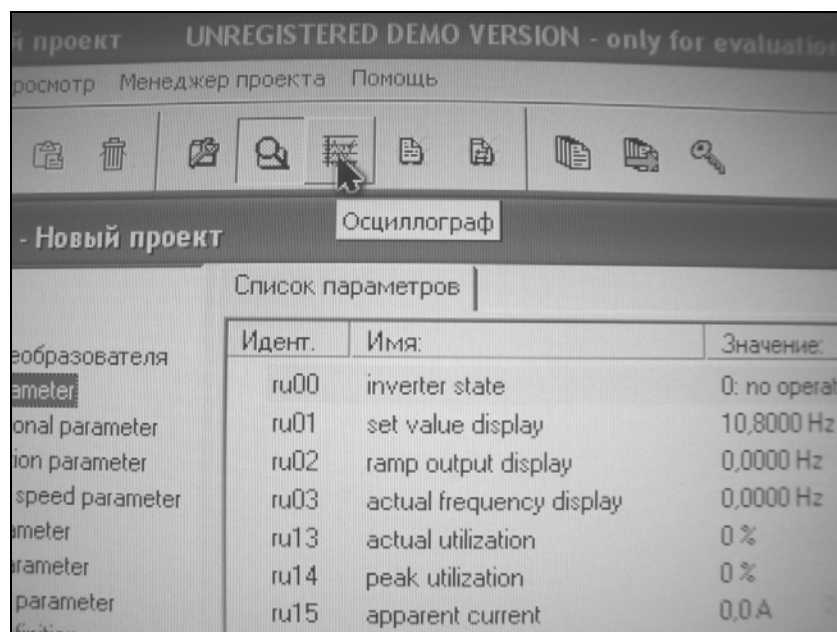


Рис. 39. Выбор рабочего окна.

16. Следующий шаг – выбор параметров для измерения требуемых параметров. В данной лабораторной работе необходимо выполнить измерение только потребляемой мощности. Для этого нужно щелкнуть по каналу А (рис. 40) и в указанной на рис. 41 последовательности выбрать параметр «ru81 activepower».

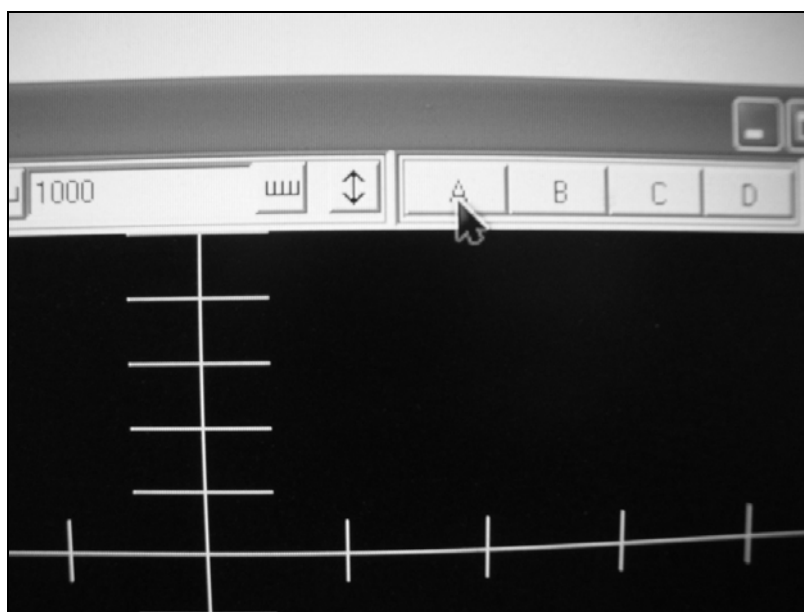
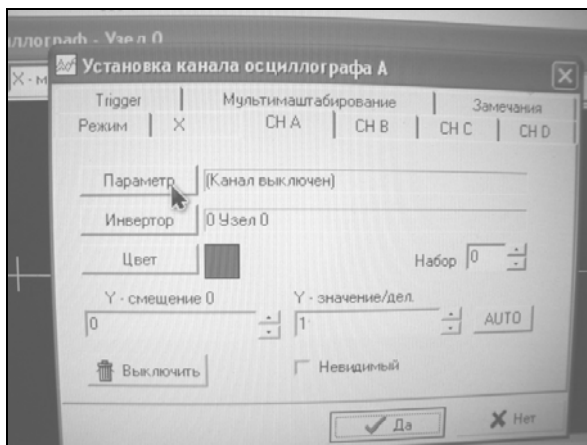
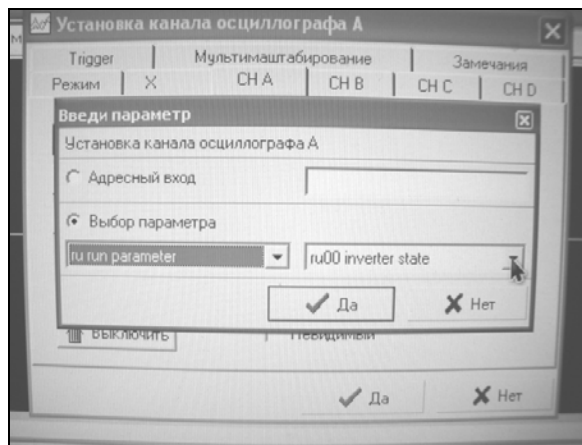


Рис. 40. Выбор параметров для измерения по каналу А

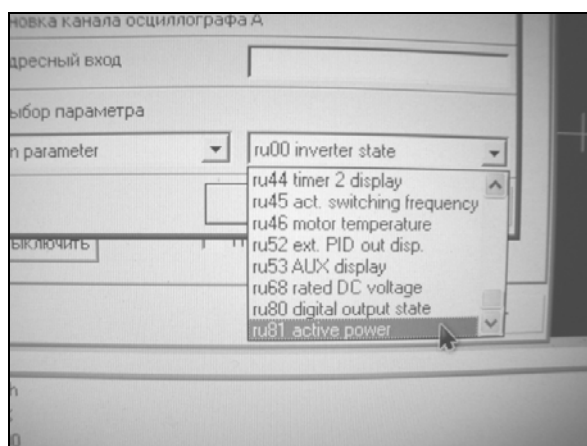
17. Следующий шаг – задание требуемого масштаба для отображения информации. Для этого необходимо установить в поле «Y – смещение 0» значение 0, а в поле «Y – значение/дел.» значение 0,5 (рис. 42).



Шаг 1



Шаг 2



Шаг 3

Рис. 41. Выбор параметра «ru81 activepower»

Если при измерении красная линия не будет видна, то необходимо увеличить масштаб с 0,5 до 1. В случае, когда линия идет близко к нулевой отметке, необходимо уменьшить масштаб до 0,25 (рис. 42).

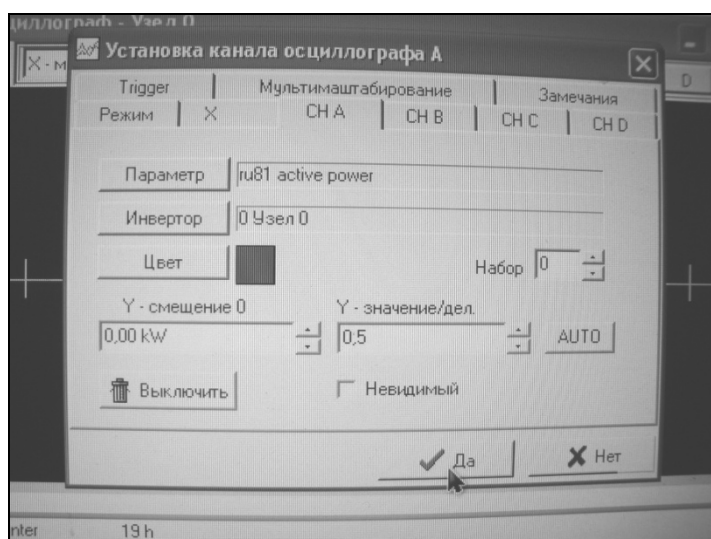


Рис. 42. Задание масштаба для отображения результатов измерений

18. После выполнения указанных операций необходимо включить четыре шпинделя станка Unimat 23 EL. Для этого используют белые кнопки на панели управления (рис. 43).

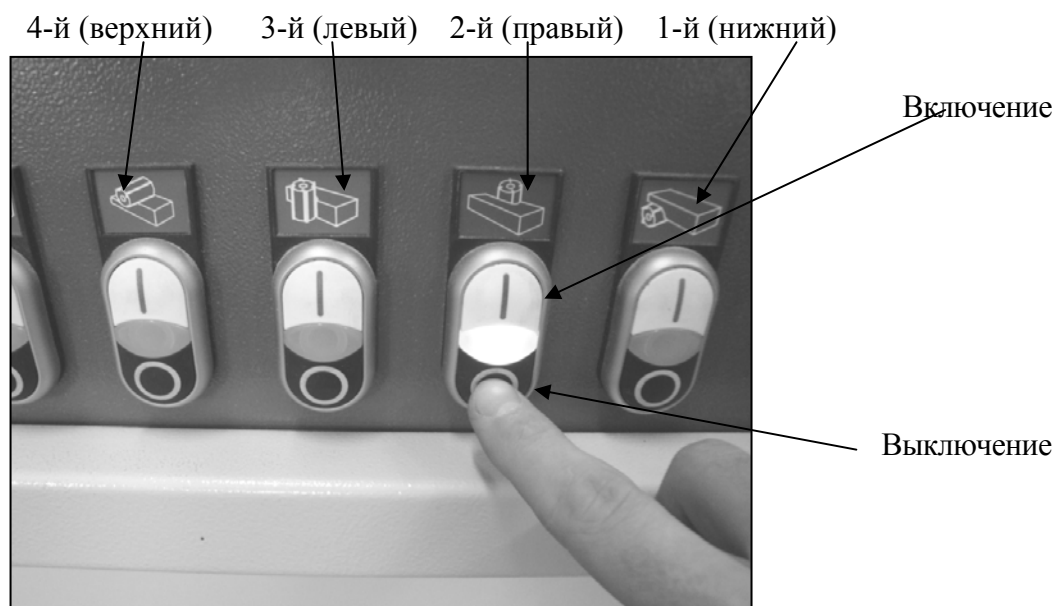


Рис. 43. Включение первых 4 шпинделей машины

Следует обратить внимание на то, что запрещается включать 5-й и 6-й шпиндели, поскольку они не используются в работе и могут быть не настроены. Также при запуске необходимо следить, чтобы все ограждения были закрыты, включение шпинделей происходило последовательно с интервалом не менее 10 с. При появлении стороннего звука необходимо немедленно отключить все шпиндели и сообщить об этом руководителю.

19. Включить двигатель механизма подачи (смотри рис. 28, белая кнопка 9).

20. Запустить измерения кнопкой, представленной на рис. 44. При этом чтобы снизить скорость отображаемой информации, необходимо увеличить масштаб данных по временной оси (X).

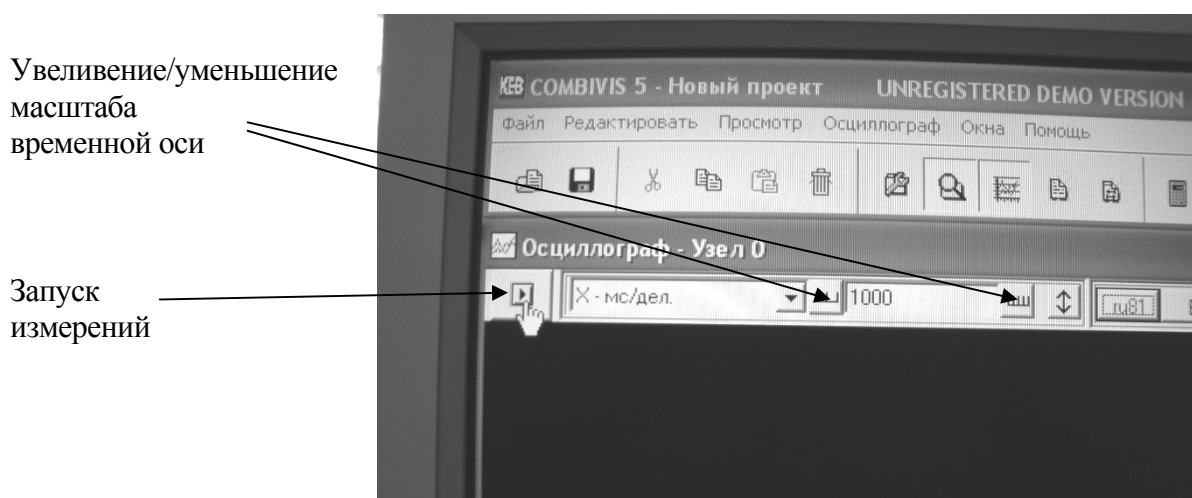


Рис. 44. Запуск измерений

21. Включить вытяжку машины и, положив заготовку на стол, подать ее в зону обработки, для этого ее должны захватить передние подающие вальцы. После прохождения заготовки через все шпиндели и принятия ее в конце станка необходимо остановить измерения. Для этого еще раз требуется щелкнуть по значку «запуск измерений».

22. На полученные детали карандашом необходимо поставить номер эксперимента. Пример результатов измерений показан на рис. 45.

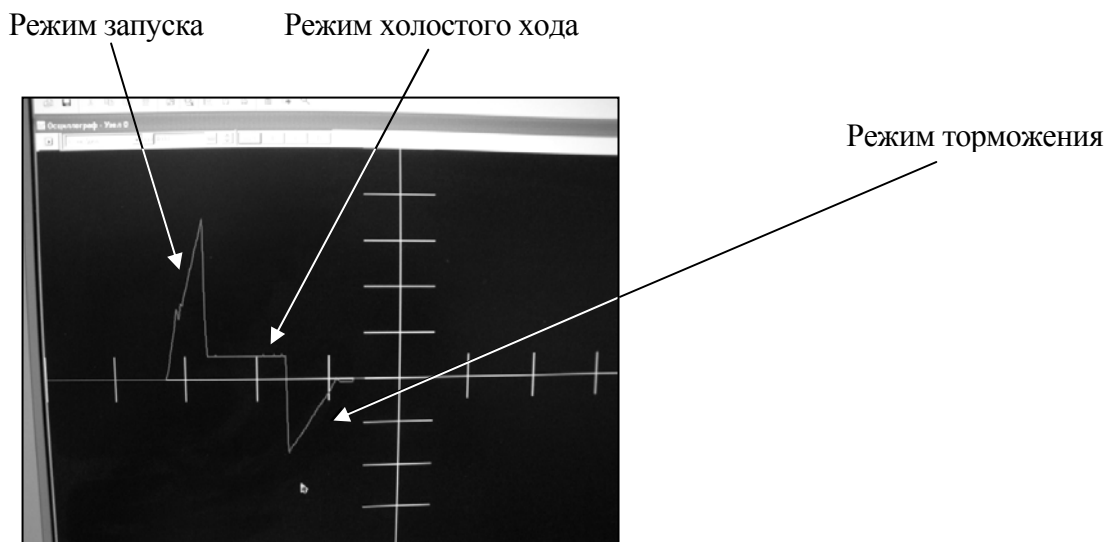


Рис. 45. Представление полученной информации

23. Выключить вытяжную систему машины, а также поочередно механизмы подачи и резания.

24. Для получения численных значений информации необходимо правой кнопкой мыши щелкнуть в области экрана и выбрать показания «Вертикальный курсор» (рис. 46). После чего наведением вертикальной курсора на область графика холостого хода (рис. 45) и рабочего хода получаем нужные данные $P_{x,x}$ и $P_{p,x}$ (кВт) соответственно.

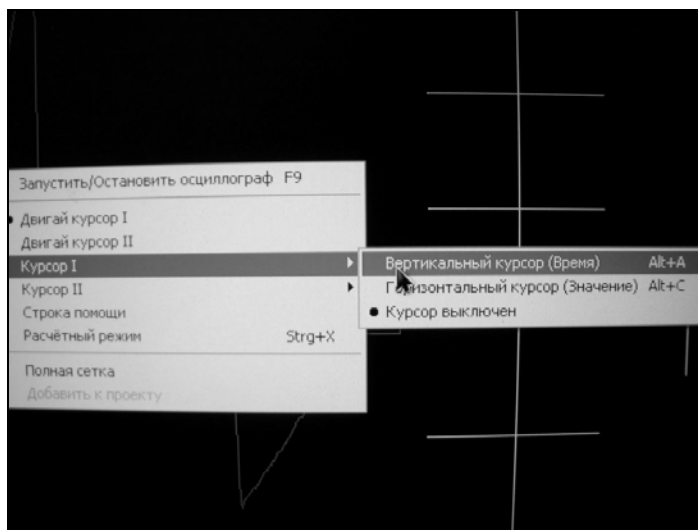


Рис. 46. Нахождение численных данных

25. Повторить эксперимент для еще двух заготовок.
26. Изменить технологический параметр фрезерования вторым шпинделем (по согласованию с преподавателем) и выполнить выше представленным способом эксперименты на других режимах.
27. Полученные данные записать в отчет о лабораторной работе.
28. После завершения механической обработки древесины необходимо выключить и убрать машину. Для этого выбрать режим эксплуатации станка (I) (рис. 27, з) и, дождавшись загорания желтой лампочки на панели управления оборудованием, открыть кожух.
29. С помощью передвижной системы удаления отходов убрать машину.
30. Выключение машины происходит нажатием на экране значка F10 (рис. 47). После подтверждения об окончании работ необходимо дождаться завершения программы.
31. Выключить свет в зоне резания и обесточить шкаф управления тумблером, который находится на боковой стороне шкафа.

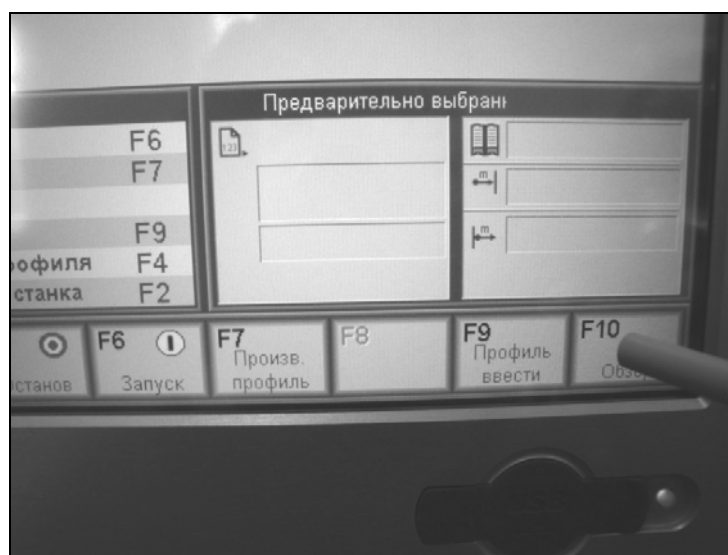


Рис. 47. Завершение работы

32. Измерить кинематические волны на полученных поверхностях согласно ГОСТ 15612–85 (СТ СЭВ 4689–84) с использованием индикаторной стойки. Амплитуда отклонений индикатора будет указывать на глубину волны кинематических неровностей, что приравнивается к Rm_{max} . Полученные данные следует записать в отчет о лабораторной работе.
33. Теоретически рассчитать касательную составляющую силы резания при определенных в начале занятий технологических режимах и дальше сравнить разницу мощностей рабочего и холостого хода ($P_{p.x} - P_{x.x}$).
34. По практически полученным результатам найти среднюю касательную составляющую силы резания за оборот, используя зависимость

$$F_x = \frac{1000 \cdot (P_{p.x} - P_{x.x})}{V_e}. \quad (18)$$

35. Построить графики зависимостей мощности на фрезерование, средней касательной составляющей силы резания за оборот, а также высоты волны кинематической неровности от параметра, который устанавливает преподаватель в начале занятий.

36. Оформить отчет о лабораторной работе.

3. Методические указания

Для выполнения лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал по разделу «Фрезерование», ознакомиться с существующими методиками расчета мощности, необходимой для реализации процесса фрезерования, проведения измерений параметров шероховатости обработанной поверхности в соответствии с действующим ГОСТ 15612–85 (СТ СЭВ 4689–84). Изучить «Памятку» для работающего на фрезерном оборудовании (расположена непосредственно на рабочем месте возле станка). Преподаватель выдаст индивидуальное задание, образцы заготовок различных пород древесины и измерительный инструмент для выполнения соответствующих замеров.

4. Контрольные вопросы

1. Цель и задачи лабораторной работы.
2. Какой процесс механической обработки называется фрезерованием?
3. Классификация процесса фрезерования по видам.
4. Кинематика и динамика процесса фрезерования. Привести основные расчетные формулы.
5. Качество обработанной поверхности при фрезеровании. Чем он характеризуется? Методы расчета.
6. Какие задачи называют конструкторскими, а какие – технологическими?
7. От каких технологических параметров зависит высота кинематических неровностей?
8. Чем обусловлены кинематические неровности процесса фрезерования? Можно ли их устранить при фрезеровании древесины?
9. Какие технологические параметры при обработке древесины фрезерованием влияют на силовые и мощностные показатели процесса?
10. В какой последовательности необходимо включать двигатели приводов 4-сторонних станков?
11. **Какие устройства обеспечивают безопасную эксплуатацию деревообрабатывающей машины Unimat 23 EL?**
12. Каким образом можно изменять технологические режимы эксплуатации станка Unimat 23 EL? Почему необходимо использовать несколько режимов?
13. Каким образом задаются припуски на обработку в станке Unimat 23 EL? Пояснить ответ с использованием схемы.
14. По какой причине установлены три кнопки аварийной остановки станка?
15. Какие способы настройки шпинделей реализуются в станке Unimat 23 EL?

СВЕРЛЕНИЕ

Общие сведения

Сверлением называется процесс механической обработки древесины и древесных материалов лезвиями, расположенными по торцу цилиндрического тела инструмента (сверла) и описывающими при работе в материале винтовые поверхности.

Технологическое назначение сверления – получение отверстий (сквозных или несквозных) круглого сечения (гнезд).

Сверло – осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале и (или) увеличения диаметра имеющегося отверстия.

Осевой режущий инструмент – лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания и движением подачи вдоль оси главного движения резания.

Виды сверления. Виды сверления классифицируют по ряду признаков. Типы сверл по форме режущей части и тела определяются условиями работы, направлением сверления (рис. 48) по отношению к направлению волокон (вдоль или поперек волокон), диаметром и глубиной сверления. Разновидности сверл по форме хвостовика определяются размерами сверл и конструкцией крепежных приспособлений у сверлильных машин.

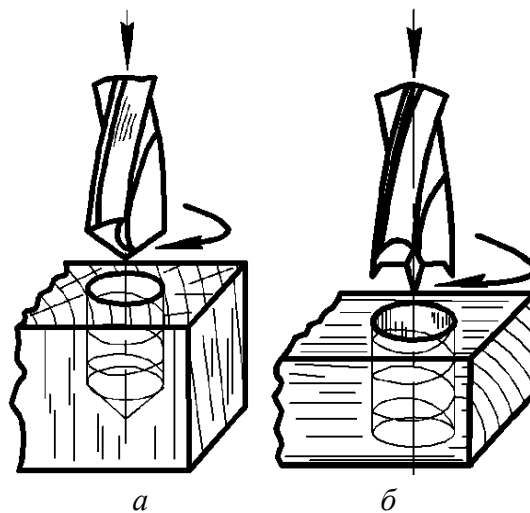


Рис. 48. Схемы сверления:
а – вдоль волокон; б – поперек волокон

Сверла по форме рабочей части разделяются на пять основных видов: **спиральные, винтовые, шнековые, штопорные, центровые.**

Первый вид сверл образуется путем формирования двух и более полукруглых канавок с противоположных сторон цилиндрического стержня – по спиральной линии. Эти канавки образуют две рабочие ленты с режущими элементами на торцевой части. На рис. 49 изображено спиральное сверло

с центром и подрезателями для сверления поперек волокон с расположением режущих кромок нормально к оси сверла.

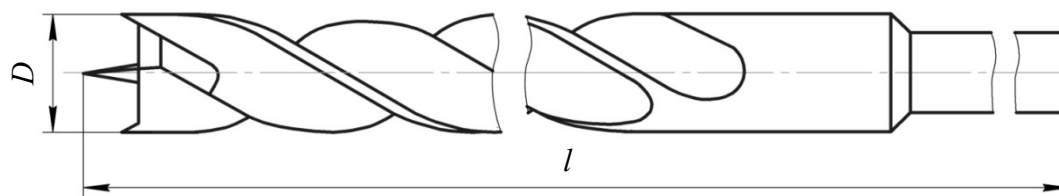


Рис. 49. Сверло спиральное с направляющим центром и подрезателями

Режущую часть таких сверл снабжают подрезателями и направляющим центром. Подрезатели выступают над уровнем основных режущих кромок и перерезают волокна перед ними, что обеспечивает более высокое качество поверхности изделия. Направляющий центр служит для уменьшения отклонения оси сверла от направления движения подачи. Спиральные сверла применяются преимущественно для сверления в деталях сравнительно неглубоких отверстий. Поэтому диаметр этих сверл изготавливают от 1 до 20 мм с градацией 1 мм. Для сверления вдоль волокон используют сверла с конической заточкой (рис. 50). Виды спиральных сверл по конструкции лезвий (с направляющим центром и подрезателями и с конической заточкой) наиболее широко распространены в мебельной и деревоперерабатывающей промышленности.

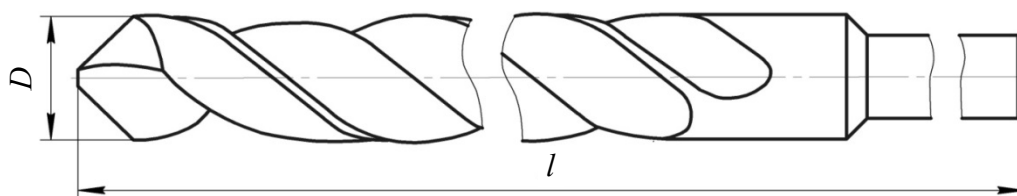


Рис. 50. Сверло спиральное с конической заточкой

Сверло винтовое с направляющим центром и подрезателями представлено на рис. 51.

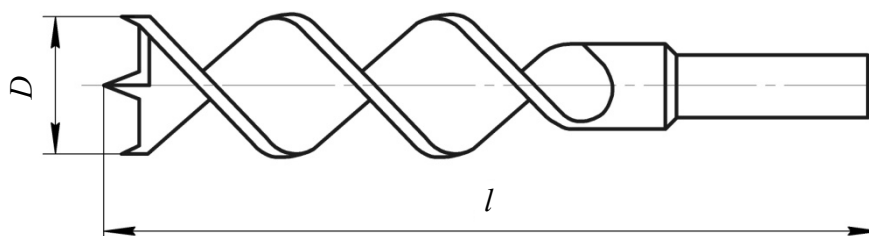


Рис. 51. Сверло винтовое с направляющим центром и подрезателями

Сверло шнековое (рис. 52) представляет собой цилиндрический стержень (сердцевину), вокруг которого по всей длине навивается одна рабочая лента, и лишь в конечной части сверла, в пределах одного витка, сформирована вторая лента. Это обеспечивает образование двух режущих граней, симметрично расположенных по отношению к оси сверла.

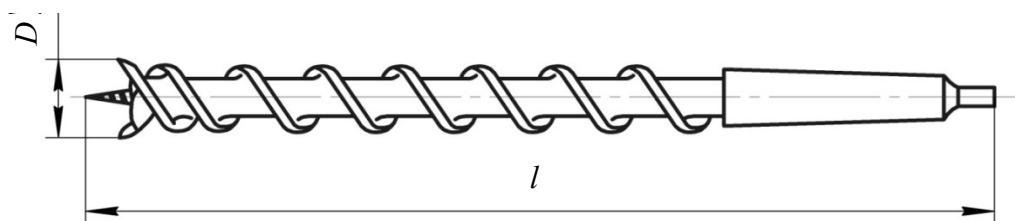


Рис. 52. Сверло шнековое

Штопорное сверло (рис. 53) получается путем завивания одной рабочей ленты по винтовой линии. Таким образом, в штопорных сверлах имеется лишь одна режущая грань рабочей ленты.

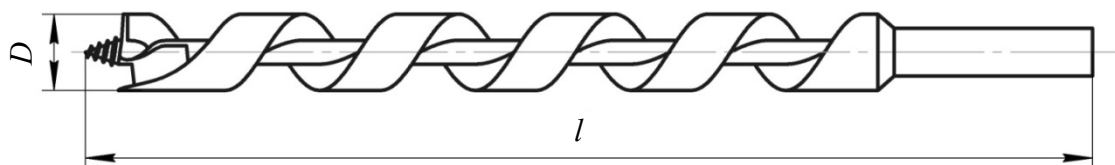


Рис. 53. Сверло штопорное

Длинные винтовые, шнековые и штопорные сверла применяются для сверления глубоких сквозных отверстий в брусках, деревянных фермах (домостроение). Сверла, применяемые в этих случаях, имеют различные длины ($L = 400\text{--}1100$ мм) и диаметры ($D = 10\text{--}50$ мм). При глубоком сверлении следует отдать предпочтение шнековым сверлам, так как они обладают большей жесткостью. Недостаток штопорных сверл заключается в наличии лишь одной режущей кромки, вследствие чего они испытывают одностороннюю нагрузку и подвержены отклонению от направления движения подачи при сверлении.

Простое центровое сверло (рис. 54) применяется для неглубокого сверления поперек волокон. Для правильного направления сверления большое значение имеет направляющий центр. При сверлении этими сверлами отверстий глубиной более двух диаметров затруднен вывод стружки.

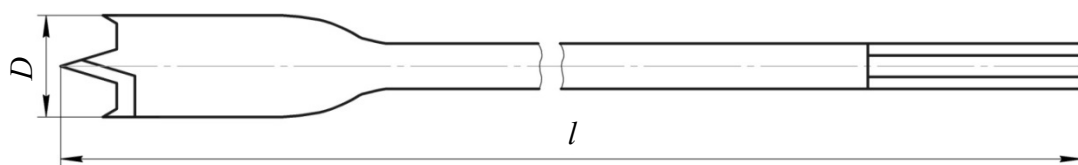


Рис. 54. Сверло простое центровое

Более совершенной конструкцией для неглубокого сверления отверстий является машинное центровое сверло (рис. 55). В этой конструкции расположение передней поверхности режущей кромки по винтовой линии обеспечивает лучшие условия выхода снимаемой стружки.

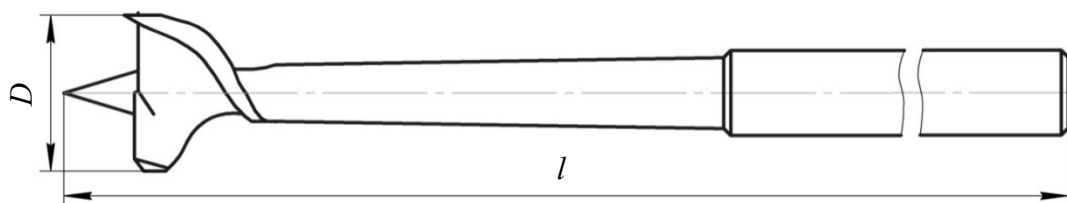


Рис. 55. Сверло машинное центровое

Кинематика. Особенностью механической обработки древесины и древесных материалов методом сверления является то обстоятельство, что скорость главного движения в каждой точке лезвия зуба (ножа) сверла не является величиной постоянной и изменяется от нуля до максимального значения.

Кинематические углы будут изменяться в зависимости от диаметра сверла: от максимальных до минимальных значений.

Основные кинематические соотношения при сверлении для винтовых сверл с конической заточкой с углом при вершине 2φ приведены ниже (рис. 56).

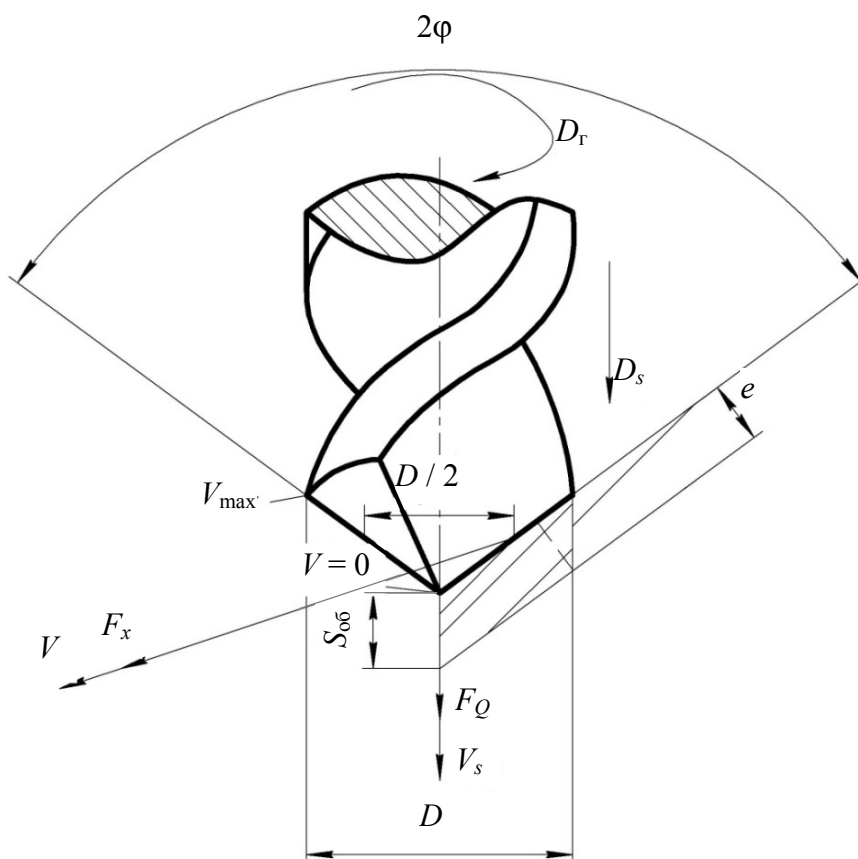


Рис. 56. Схема сил и направления движений сверла спирального с конической заточкой с углом при вершине 2φ

1. Скорость главного движения у периферии, м/с:

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (19)$$

где D – диаметр сверла, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин^{-1} .

2. Скорость главного движения на оси сверла $V_0 = 0$.
3. Средняя скорость главного движения, м/с:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{2 \cdot 60 \cdot 1000}. \quad (20)$$

4. Подача на один оборот сверла, мм:

$$\Delta = \frac{1000 \cdot V_s}{n}, \quad (21)$$

где $V_s = \frac{\Delta \cdot n}{1000} = \frac{S_z \cdot z \cdot n}{1000}$, м/мин;

$S_z = S_{об}$ при однолезвийном сверле.

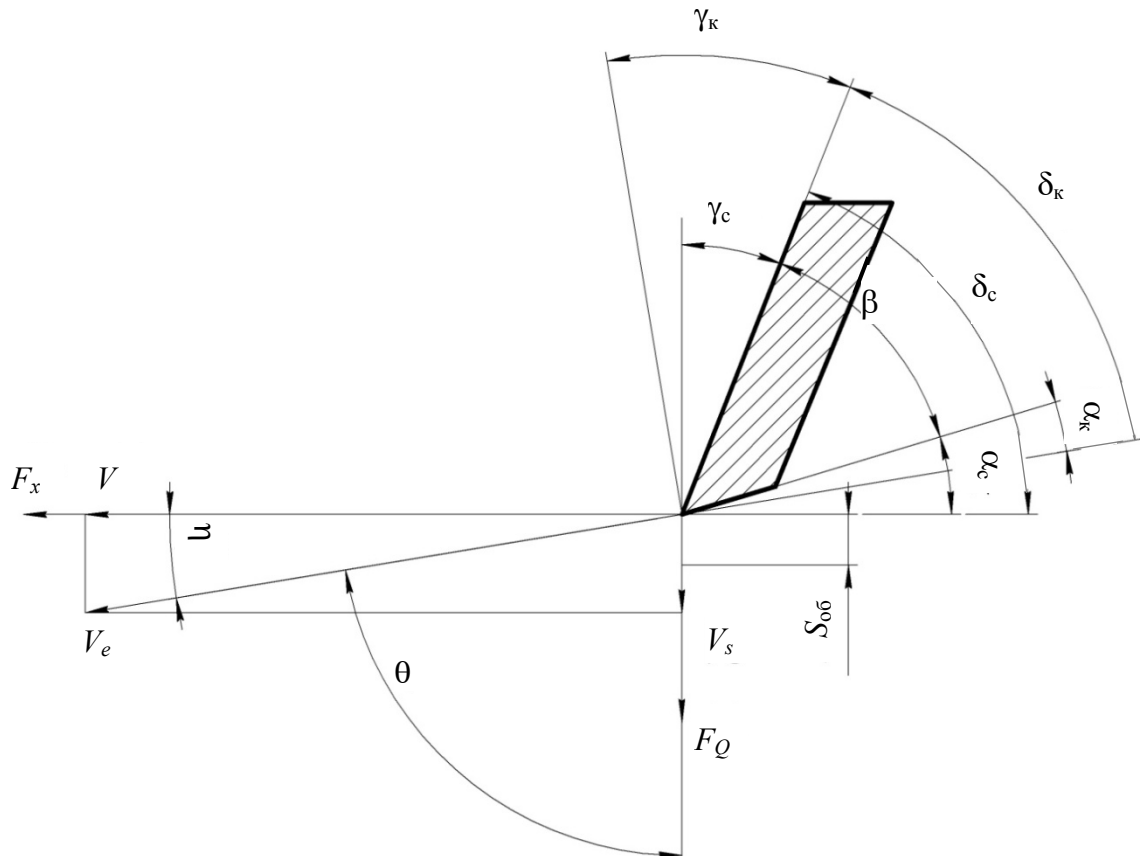


Рис. 57. Статические и кинематические углы сверла с конической заточкой на диаметре $D/2$

Прежде чем давать анализ той или иной формы заточки спирального сверла, необходимо знать влияние, которое оказывает изменение формы режущей части сверла на значение углов резания (рис. 57).

Как известно, углы рассматриваются в главной секущей плоскости (P_τ) (нормальной к режущей кромке), ориентированной относительно кинематической плоскости резания ($P_{нк}$) и кинематической основной плоскости резания (P_{vk}).

Следовательно, в зависимости от угла наклона режущей кромки к оси сверла ϵ углы резания будут иметь различные значения (за исключением случая, когда $\angle \epsilon = 90^\circ$) [7]. Кроме того, вследствие расположения канавки соответствующего профиля по винтовой линии углы резания приобретают различные значения по длине режущей кромки.

Известно, что углы наклона ω и подъема τ винтовой канавки зависят от шага последней и обуславливаются следующими соотношениями (рис. 58):

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{H}{2\pi R}; \quad (22)$$

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{2\pi R}{H}. \quad (23)$$

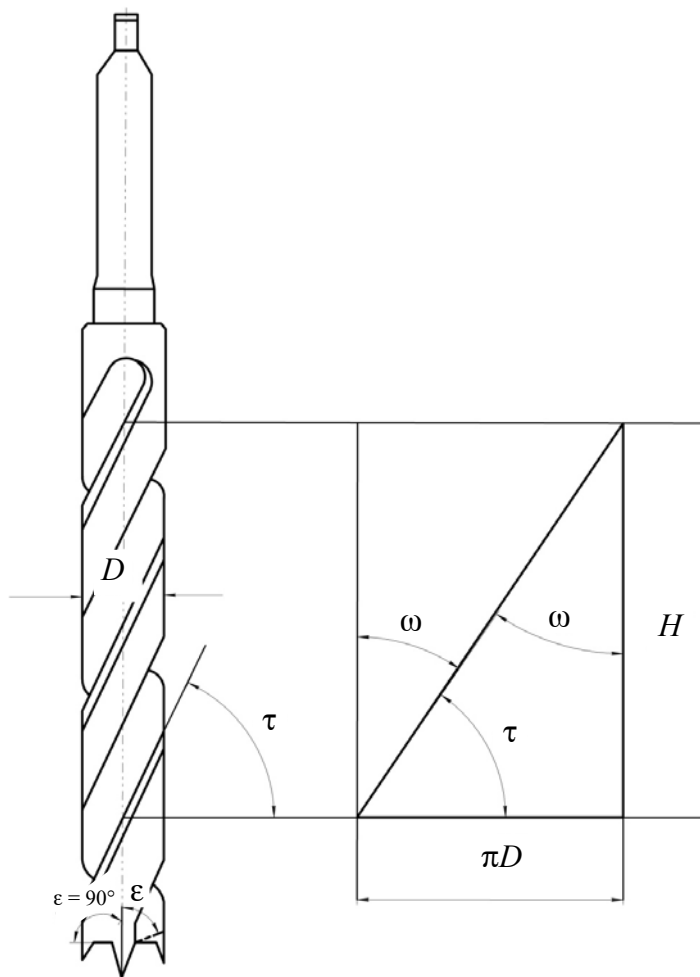


Рис. 61. Схема сверла спирального с указанием шага винтовой линии и углов наклона и подъема винтовой канавки:

H – шаг винтовой линии; ω – угол наклона винтовой канавки;

τ – угол подъема винтовой канавки

Угол наклона винтовой канавки ω – угол, заключенный между направлениями оси сверла и касательной к винтовой канавке.

Угол подъема винтовой канавки τ – угол, заключенный между нормалью к оси сверла и касательной к винтовой канавке.

Шаг винтовой линии H – расстояние между двумя равнозначными точками винтовой канавки по направлению оси сверла при обороте их на 360° .

При данном шаге винтовой канавки H , который определяет для периферийной точки режущей кромки значения углов ω и τ , значения углов в плоскости сечения, параллельной оси, для точек режущей кромки, близлежащих к оси сверла, будут другие – значение ω будет уменьшаться, а угол τ возрастать, что равным образом относится и для значений углов резания:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{H}{2\pi R}; \quad \operatorname{tg} \tau_x = \frac{H}{2\pi R_x}; \quad \frac{\operatorname{tg} \tau_x}{\operatorname{tg} \tau} = \frac{R}{R_x}.$$

Для спиральных сверл с **расположением лезвия к оси сверла** под углом 90° ($\angle \epsilon = 90^\circ$) угол резания и передний угол будут равны:

$$\operatorname{tg} \delta_x = \operatorname{tg} \tau_x = \frac{R}{R_x} \operatorname{tg} \tau, \quad (24)$$

и соответственно

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \operatorname{tg} \omega_x = \frac{R}{R_x} \operatorname{tg} \omega. \quad (25)$$

Пример 1

Рассчитать значения углов резания δ_x (в **статическом** состоянии) для точек режущей кромки (R, R_1, R_2), расположенных ближе к оси спирального сверла с прямой заточкой лезвия $\angle \epsilon = 90^\circ$, диаметром $D = 12$ мм, с углом подъема винтовой канавки $\angle \tau = 65^\circ$.

Результаты расчетов:

$R = 6$ мм	$\angle \tau = 65^\circ$	$\angle \delta = 65^\circ$
$R_1 = 4$ мм	$\angle \tau_1 = 72^\circ 40'$	$\angle \delta_1 = 72^\circ 40'$
$R_2 = 2$ мм	$\angle \tau_2 = 81^\circ 10'$	$\angle \delta_2 = 81^\circ 10'$

Для спиральных сверл с конической заточкой режущей части с **расположением лезвия к оси сверла** под углом **меньше** 90° ($\angle \epsilon < 90^\circ$) значения углов будут другие, чем в приведенных формулах (24) и (25).

Так, для точек режущей кромки, расположенных на расстоянии R_x от оси, значения углов резания будут следующими:

$$\operatorname{tg} \delta_{R_x} = \operatorname{tg} \tau_x \cdot \sin \epsilon = \frac{R}{R_x} \operatorname{tg} \tau \cdot \sin \epsilon; \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_{R_x} = \frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\sin \epsilon} = \frac{R}{R_x} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \epsilon}. \quad (27)$$

Пример 2

Рассчитать значения углов резания δ_{R_x} (в **статическом** состоянии) для точек режущей кромки (R, R_1, R_2), расположенных ближе к оси спирального сверла с углом конуса лезвия $\phi = 2\epsilon = 60^\circ$, диаметром $D = 12$ мм, с углом подъема винтовой канавки $\angle \tau = 65^\circ$.

Результаты расчетов:

$R = 6 \text{ мм}$	$\angle \tau = 65^\circ$	$\angle \delta_{R_x} = 47^\circ$
$R_1 = 4 \text{ мм}$	$\angle \tau_1 = 72^\circ 40'$	$\angle \delta_{R_{x1}} = 58^\circ$
$R_2 = 2 \text{ мм}$	$\angle \tau_2 = 81^\circ 10'$	$\angle \delta_{R_{x2}} = 72^\circ 40'$

Основные расчетные зависимости, используемые при решении конструкторско-технологической задачи

1. Толщина стружки, мм:

$$e = S_z \cdot \sin \frac{2\varphi}{2} = S_z \cdot \sin \varphi. \quad (28)$$

2. Мощность резания, кВт:

$$P = \frac{K \cdot \Delta \cdot D \cdot V_{\text{ср}}}{12 \cdot 10^7} = \frac{K \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S_z \cdot z \cdot n}{24 \cdot 10^7}, \quad (29)$$

где K – среднее условное давление резания, Н/мм².

3. Касательная составляющая силы резания, Н:

$$F_x = K \cdot S_z \cdot \frac{D}{2}. \quad (30)$$

4. Для технологических (обратных) задач при заданных P , z , n определяют

$$S_z \cdot K = \frac{24 \cdot 10^7 \cdot P}{\pi \cdot D^2 \cdot z \cdot n}. \quad (31)$$

5. Сила сопротивления подаче, Н:

$$F_Q = (0,25 + 0,07D) \cdot F_x. \quad (32)$$

6. Крутящий момент, Н · м:

$$M_{\text{кр}} = 9750 \cdot \frac{P}{n}. \quad (33)$$

7. Зависимость среднего условного давления для поперечного сверления от толщины стружки, Н/мм²:

$$K = k + \frac{a_p \cdot p}{S_z}, \quad (34)$$

где k – касательное давление на переднюю поверхность лезвия, Н/мм²;

p – удельная сила резания по задней поверхности лезвия, Н/мм.

Значения k и p приведены в табл. 19 [8, с. 82] для древесины сосны, березы и дуба.

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ, СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА ПОТРЕБЛЯЕМУЮ МОЩНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цели работы:

– исследование влияния технологических параметров (скорости резания, подачи и диаметра резания) на мощность, качество поверхности при сверлении древесины и древесных материалов;

– получение практических навыков по составлению управляющей программы для многооперационной машины с числовым программным управлением (ЧПУ) (обрабатывающего центра) на примере машины Rover В 4.35, подготовка ее к работе и выполнение операции сверления.

Выполнение поставленной цели предусматривает: изучение многооперационной машины с ЧПУ, ее конструкции, прикладной программы «Редактор»; оценку проведения технологической операции; установку (базирование) заготовки на рабочий стол и ее обработку; управление машиной во время работы.

Приборы, приспособления, оборудование и инструменты: многооперационная машина с ЧПУ (обрабатывающий центр) Rover В 4.35, линейка металлическая, штангенциркуль, приборы для определения угловых параметров инструмента.

1. Принцип работы экспериментальной установки на базе многооперационной машины с ЧПУ Rover В 4.35 и составление управляющих программ для данного типа машин

Рабочими машинами называют машины, созданные для облегчения труда или замены человека при выполнении технологических операций производственного процесса.

Различают машины с ЧПУ однооперационные и многооперационные (так называемые обрабатывающие центры). Под многооперационным обрабатывающим центром понимают машину, в которой за одну установку заготовки без перенастройки машины осуществляются различные технологические операции ее обработки, например пиление, фрезерование, сверление и т. д., с целью достижения максимальной готовности детали. Форма детали и процессы, требуемые для ее обработки, определяют конструкцию и комплектацию машины.

Экспериментальная установка на базе машины Rover В 4.35 – это обрабатывающий центр с числовым программным управлением, спроектированный для выполнения обширной гаммы обработок фрезерования и сверления (рис. 59).

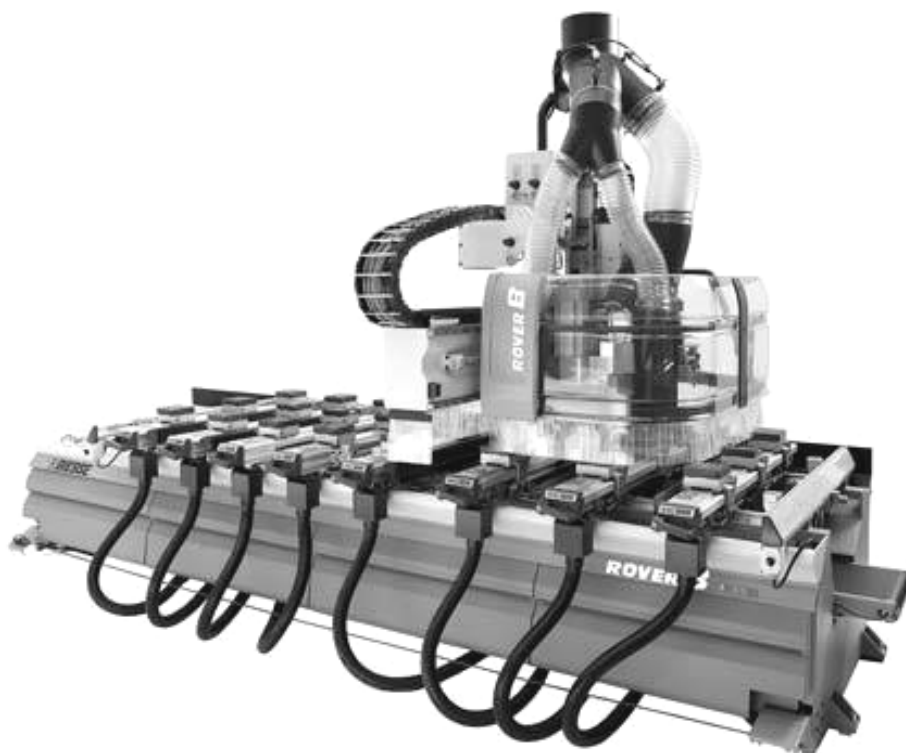


Рис. 59. Общий вид установки

Экспериментальные установки для исследования процессов резания древесины и древесных материалов можно классифицировать по следующим признакам:

- а) общность исследования (универсальные и специализированные);
- б) длительность использования (постоянно действующие и разового использования);
- в) тип измерительной системы (централизованные и индивидуальные).

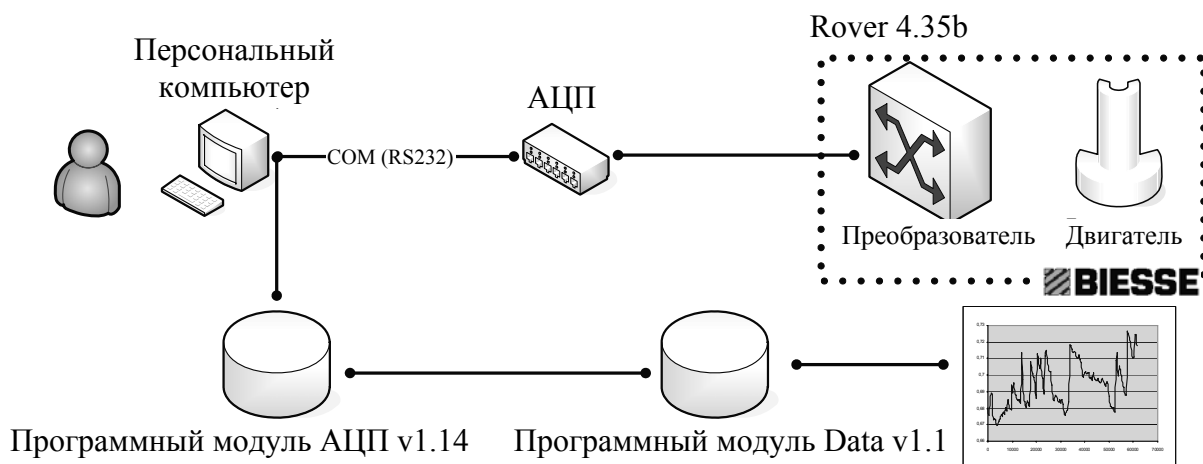
Представленная экспериментальная установка предназначена для исследования мощности, сил резания, шероховатости обработанной поверхности при фрезеровании, пилении, сверлении древесины и древесных материалов. Является установкой универсальной, постоянно действующей и с централизованной измерительной системой.

При разработке экспериментальной установки учтены следующие требования:

- а) возможность осуществления производственных режимов резания;
- б) надежность и безопасность установки, жесткость ее узлов и наименьшая инерционность системы, регистрирующей усилие;
- в) простота обслуживания.

Принцип работы установки следующий (рис. 60): двигатель мощностью 7,5 кВт управляется посредством преобразователя Commander SE, который в свою очередь запараметризован выдавать на сервисные каналы текущую мощность на валу двигателя. Сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и после преобразования записывается персональным компьютером. Данные, поступающие в компьютер, регистрируются специ-

альной программой, а затем анализируются в специализированных программах типа MathCad, Mathematica, Excell, которые строят графические и математические зависимости получаемых данных.



Команды управляющих программ для станков с ЧПУ называются **подготовительными функциями** или **G-функциями** (табл. 4).

Таблица 4

Подготовительные функции

Команда	Функция
G00	Быстрый ход
G01	Линейная интерполяция, скорость задается параметром F
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке. <i>Плоскость интерполяции определяется G-функциями:</i> G17 – плоскость XY G18 – плоскость XZ G19 – плоскость YZ
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G04	Задержка после кадров движения с такими G-функциями, как G00, G01, G02, G03. В программе может вводиться задержка, величина которой определяется параметром X. Диапазон от 0,001 до 99999,999 секунд
G17/G18/G19	Выбор плоскости интерполяции
G40/G41/G42	Коррекция на радиус инструмента
G40	Отмена компенсации на радиус инструмента
G41	Компенсация слева
G42	Компенсация справа
G52	Локальное смещение рабочей системы координат
G61	Режим точного останова
G64	Режим резания
G90/G91	Режим абсолютного отсчета и отсчета в приращениях
G94/G95	Режим минутной и оборотной подач
G81	Цикл многопроходного сверления отверстия на заданную глубину
G82	Цикл сверления отверстия на заданную глубину с выдержкой на дне отверстия

Команда	Функция
G83	Цикл прерывистого сверления глубоких отверстий с разбиением полной глубины отверстия на отрезки
G85	Цикл расточки с задержкой инструмента на дне отверстия и возвратом на рабочей подаче
G86	Цикл развертки с возвратом на быстром ходу и остановом шпинделя
G87	Цикл прерывистого сверления глубоких отверстий с разбиением полной глубины отверстия на отрезки и дроблением стружки
G88	Цикл расточки с отводом инструмента
G70	Обработка отверстий с центрами, расположенными на одной окружности
G70.1	Отмена обработки центрального отверстия
G71	Обработка отверстий на дуге
G72	Обработка ряда отверстий, лежащих на наклонной линии (прямой)
G98/G99	Выбор точки возврата из жесткого (постоянного) цикла

Функция управления перемещения суппорта по прямым линиям или дугам называется **интерполяцией**. Подготовительные функции определяют тип интерполяции, которая будет использована в программе. Имеется три основных функции интерполяции (рис. 60): *G01* – линейная, *G02* и *G03* – круговые. Управляющее слово программы определяет характер движения. В общем виде координаты задаются записью в форме: *X_Y_Z_*.

Последняя командная позиция является начальной точкой движения и одновременно она определяет условие окончания движения. Эта позиция может определяться в абсолютной (относительно программного нуля) или в относительной системе отсчета. Варианты движения инструмента представлены на рис. 61.

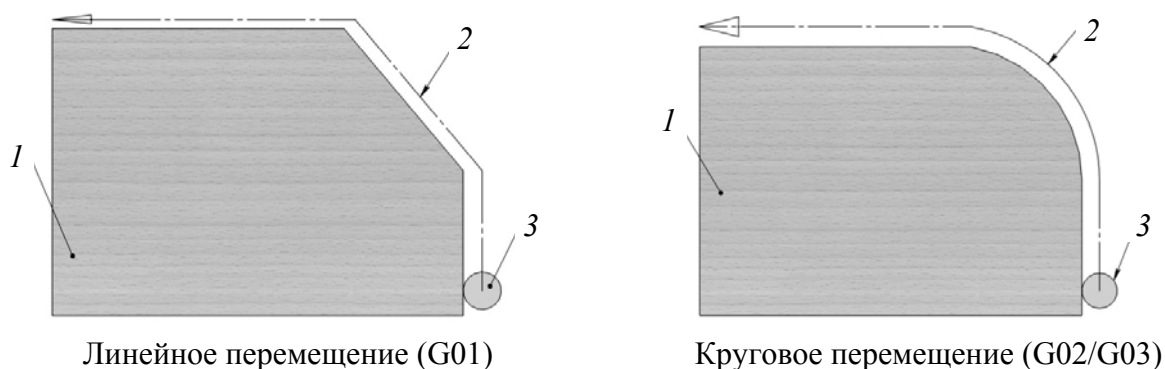


Рис. 61. Варианты движения инструмента:
1 – заготовка; 2 – эквидистанта; 3 – инструмент

Они записываются в виде

N10 X50 Y100 Z10,

где *N10* номер строки управляющей программы;

X50 – перемещение суппорта станка на 50 мм по оси *X*;

Y100 – перемещение суппорта станка на 100 мм по оси *Y*;

Z10 – перемещение суппорта станка на 10 мм по оси *Z*.

Подача задается в следующей форме:

N20 F15 (мм/мин).

Единицы длины могут задаваться программно (миллиметры или дюймы), хотя, как правило, все измеряется в миллиметрах.

Частота вращения инструмента относительно обрабатываемой детали в процессе резания называется **скоростью шпинделя**. В системах ЧПУ скорость шпинделя может быть задана в оборотах в минуту с использованием S-функции, за которой следует числовое значение, например:

N30 S250 (мин^{-1}).

На границах контура перемещения (заданного в кадре) система ЧПУ (CNC) вводит по осям линейное изменение вектора скорости внутри и вне точки поворота без остановки перемещения.

Результирующее сложное движение называется сопряженным движением. Благодаря плавному сопряжению контуров не образуются подрезки острых углов (рис. 62). Если же надо резать острые углы, в соответствующем кадре задается задержка (dwell) или функция точного останова.

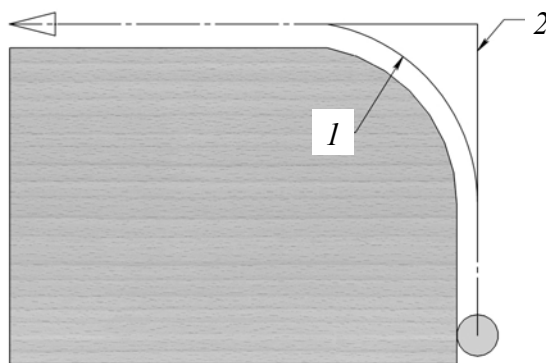


Рис. 62. Сопряжение движений:
1 – фактическая траектория; 2 – программная траектория

Эти функции могут задаваться в данном кадре или устанавливаться модально (смотри описание G04, G61).

В программе имеется два типа **систем координат**. Одна из них привязана к механике станка (физическому нулю), а вторая является относительной системой координат, определяемой управляющей программой ЧПУ и совпадающей с системой координат чертежа обрабатываемой детали. Поэтому чтобы правильно обработать деталь в соответствии с чертежом, при запуске станка должны быть назначены две системы координат. Когда деталь установлена на стол станка, мы имеем следующие системы координат:

- система отсчета, определенная системой ЧПУ (координаты станка);
- система отсчета, определенная деталью (программные координаты).

Физический нуль станка – это стандартная опорная точка станка. Система координат станка устанавливается при перемещении в опорную точку после включения питания станка. Как только эта система координат установлена, она уже не изменяется.

Управляющая программа в ISO-коде не выполняется, если после включения станка вначале не выполнено перемещение в ноль по соответствующим осям.

Для определения **абсолютных координат** стол перемещается в точку с координатами, измеренными относительно ноля станка. Определяют перемещение стола из точки *A* в точку *B* с помощью координат точки *B*.

Режим **перемещений в приращениях** определяет перемещения относительно текущего положения стола. Перемещение из точки *A* в точку *B* использует разность координат этих двух точек. Применяется термин **относительные координаты**.

Ниже приведен *пример программы* для проведения лабораторных работ по сверлению.

```
N20 PAN=1 ST1="SVERLO" ST2="NULL" ST3="NULL" L=PCUA
```

```
;Первое отверстие
```

```
N30 X300 Y80 Z=PRK TP=1 PRF=38 F=1 VF=6 S=2000 AX=X,Y,Z G40  
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
```

```
N40 ZI-50 G1
```

```
N50 XI30 G1
```

```
;Второе отверстие
```

```
N60 ZI22 G0
```

```
N70 ZI-22 G1
```

```
N80 XI30 G1
```

```
;Третье отверстие
```

```
N90 S=1000 G1
```

```
N100 ZI50 G1
```

```
N110 ZI-50 G1
```

```
N120 XI30 G1
```

```
;Четвертое отверстие
```

```
N130 ZI22 G1
```

```
N140 ZI-22 G1
```

```
N150 XI30 G1
```

```
;Пятое отверстие
```

```
N160 S=2000 G1
```

```
N170 VF=1 G1
```

```
N180 ZI50 G1
```

```
N190 ZI-50 G1
```

```
N200 XI30 G1
```

```
N210 L=POFF
```

Результат работы программы представлен на рис. 63.

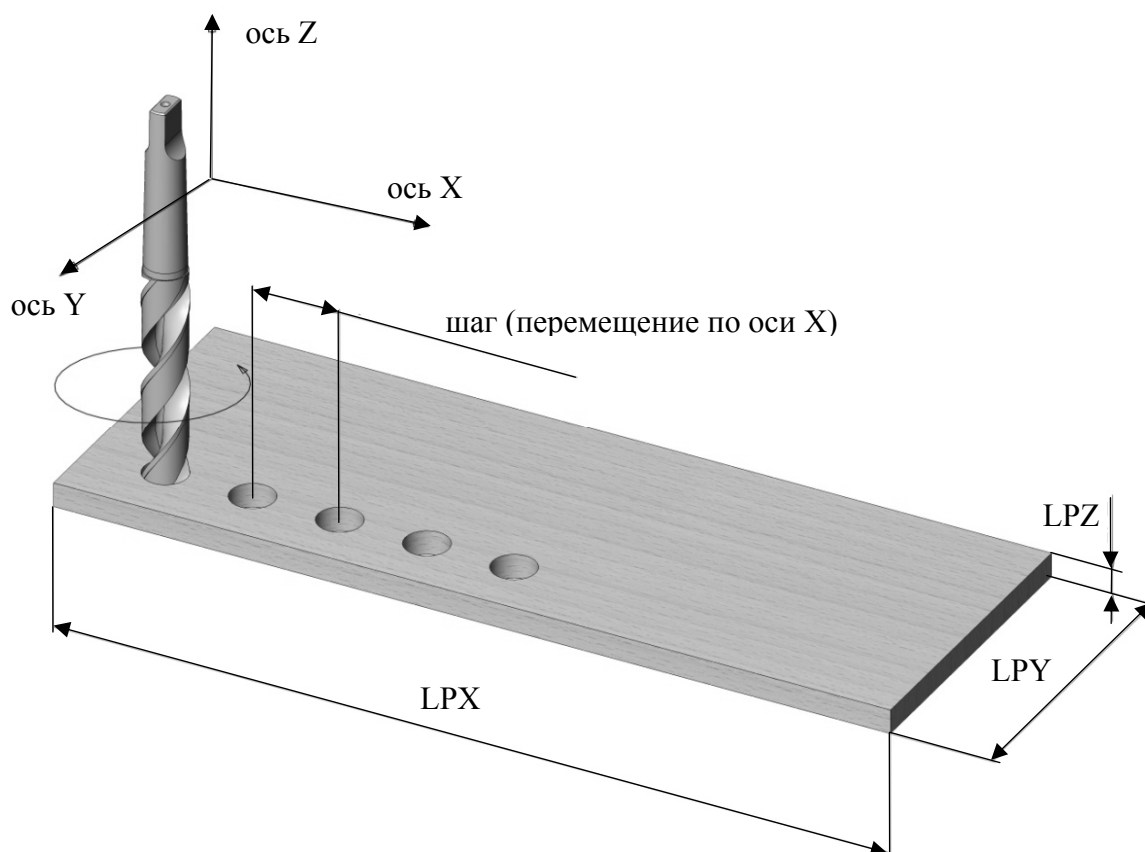


Рис. 63. Схема выполнения программы

2. Последовательность выполнения работы

Включение станка:

1. Включить рубильник в крайнее положение «вверх» (рис. 64).



Рис. 64. Рубильник

2. Дождаться полной загрузки станка.
3. Включить кнопку «мощность», которая должна загореться белым светом (рис. 65).

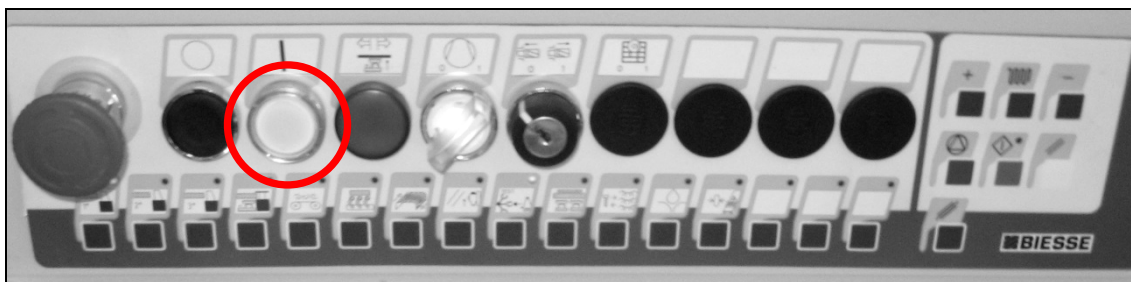


Рис. 65. Главная панель управления

4. Нажать клавиши «СТОП», «Сброс» и «Общий сброс» (рис. 66).

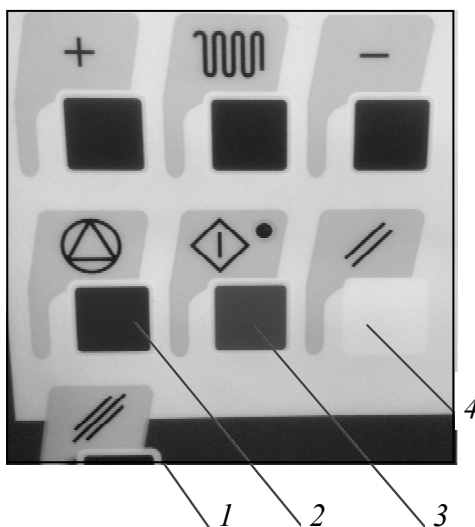


Рис. 66. Дополнительная панель управления.
1 – общий сброс; 2 – стоп; 3 – старт; 4 – сброс

5. Найти окно ошибок (рис. 67) и убедиться, что оно имеет вид как на рисунке. Если присутствуют еще какие-либо ошибки, их нужно устранить, воспользовавшись полным руководством пользователя.

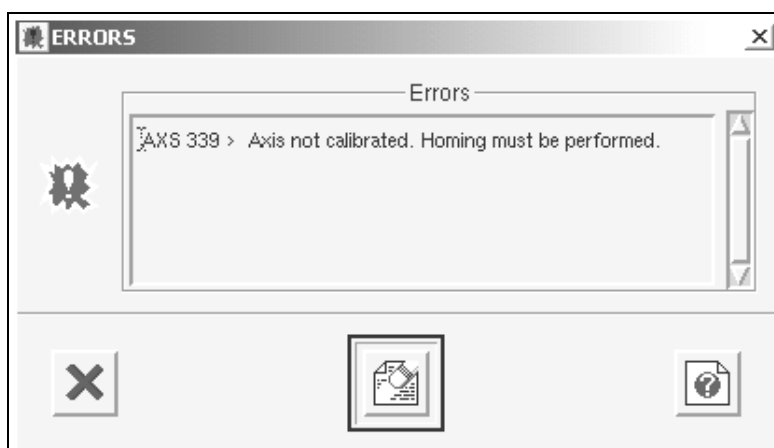


Рис. 67. Окно ошибок

Ошибка 339 говорит о том, что не была проведена обязательная калибровка станка перед работой.

6. Для выполнения калибровки перевести переключатель режимов работы станка в «GLOBALHOMING» (рис. 68) и нажать «Старт».

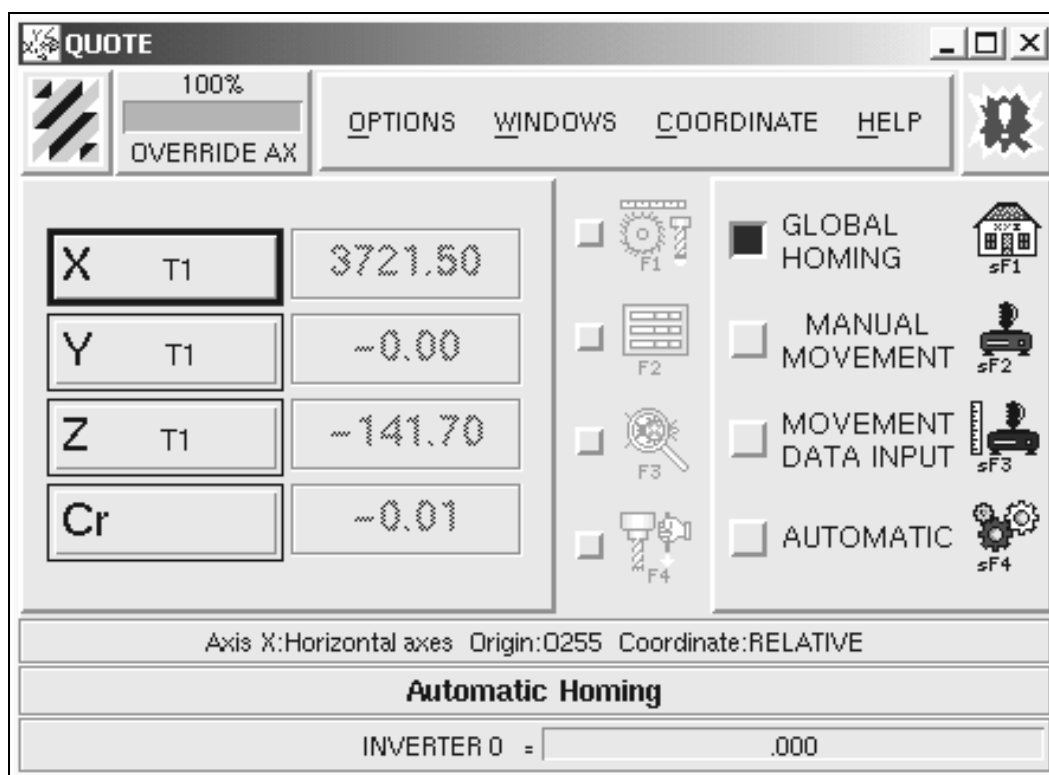


Рис. 71. Основное меню управления

7. Дождаться окончания калибровки

Порядок выполнение команд для подготовки детали к обработке:

1. Открыть в окне «Редактор» (рис. 69) меню «File – Open» или нажать функциональную клавишу F1.

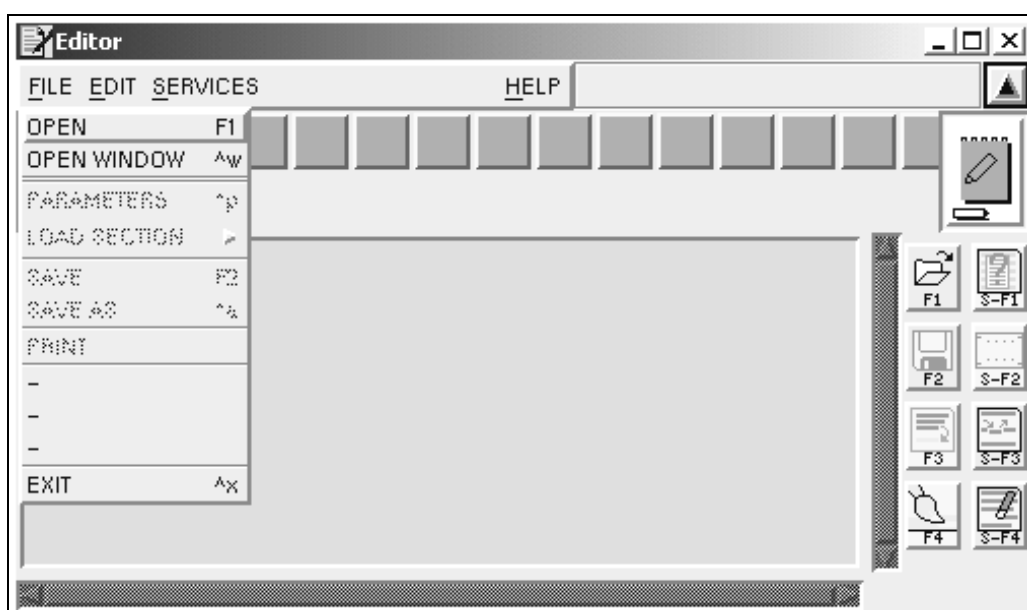


Рис. 69. Окно «Редактор»

2. В появившемся окне (рис. 70) выбрать папку с лабораторными работами и имя нужной программы.



Рис. 70. Диалог выбора необходимой программы

3. Далее задать параметры заготовки: длину (LPX), ширину (LPY) и высоту (LPZ). Для этого выбрать пункт меню «File – Parameters» и в предложенном диалоге (рис. 71) ввести значения в *миллиметрах*.

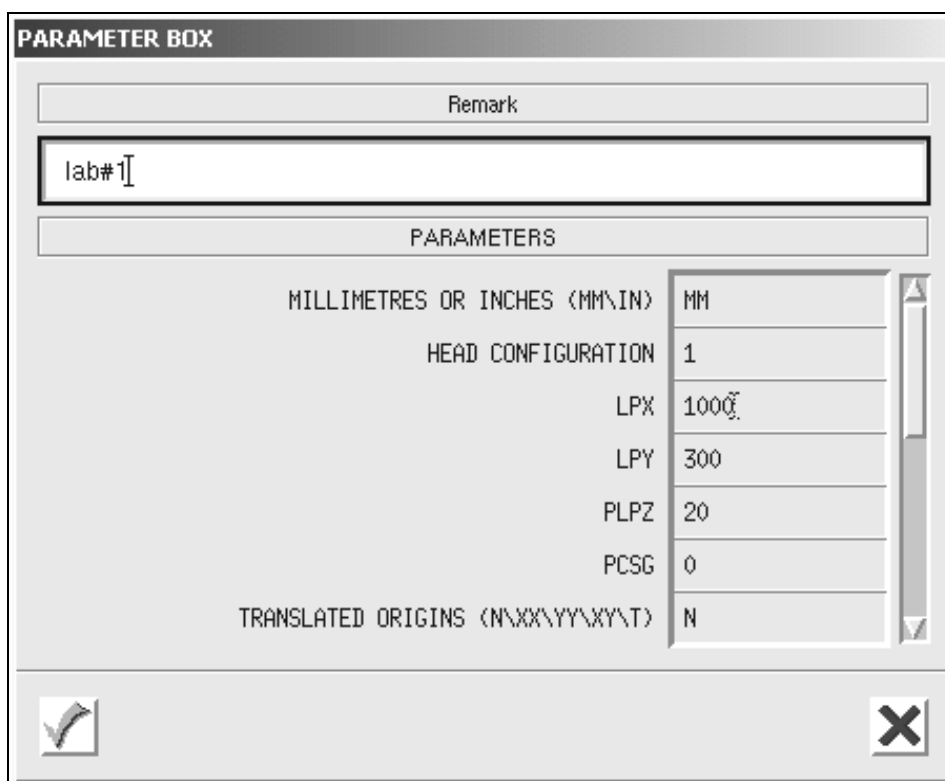


Рис. 71. Окно диалога ввода параметров заготовки

4. После загрузки программы обратить внимание на окно ошибок (рис. 67, с. 71). Оно должно быть пустым, что говорит о том, что в программе нет ошибок и параметры заготовки введены верно.

5. Для запуска программы на исполнение выбрать меню «SERVICES – Selectprogram» (рис. 72).

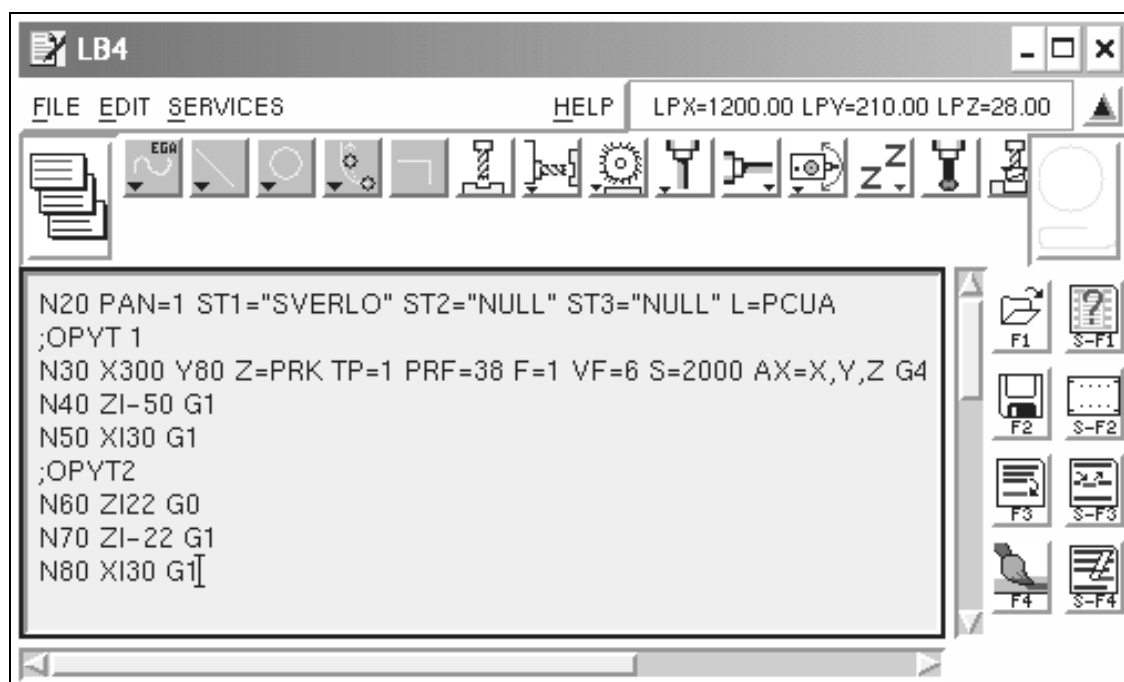


Рис. 72. Окно редактора с выбранной программой

6. Нажать кнопку START (рис. 66, с. 71).

7. Затем нажать кнопку «Start 1» на панели оператора (рис.73).



Рис. 73. Панель оператора

8. Дождаться реакции машины – выдвижения базирующих упоров. Затем устанавливаем заготовку, как показано на рис. 74.



Рис. 74. Пример установки заготовки на станок перед выполнением программы

9. Прижимая заготовку к упорам и вакуумным прижимам руками, нажать педаль для фиксации (рис. 75) заготовки в нужном положении.

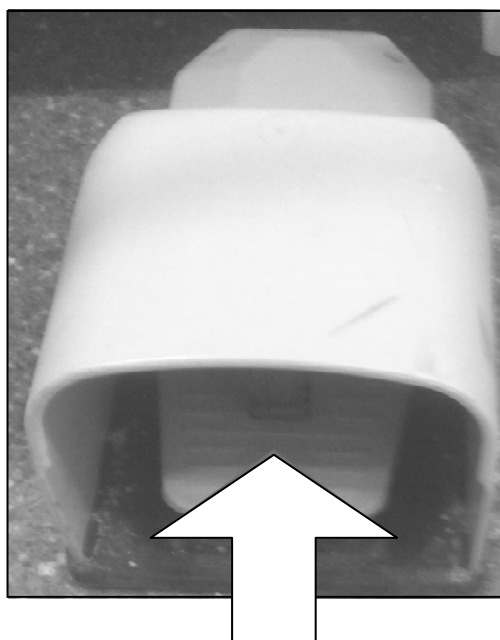


Рис. 75. Педаль фиксации заготовки

10. Затем повторно нажать мигающую кнопку «Start 1» (рис. 73).

11. Во время выполнения программы процесс обработки контролируется с помощью выносного пульта, оснащенного регулятором скорости подачи и аварийной кнопкой остановки (рис. 76).



Рис. 76. Выносной пульт управления

Измерение мощности. Во время работы инструмента необходимо записать мощность, потребляемую на резание. Для этого нужно запустить приложение АЦП (аналого-цифровой преобразователь).

1. Выбрать меню Порты – COM1 (рис. 77).

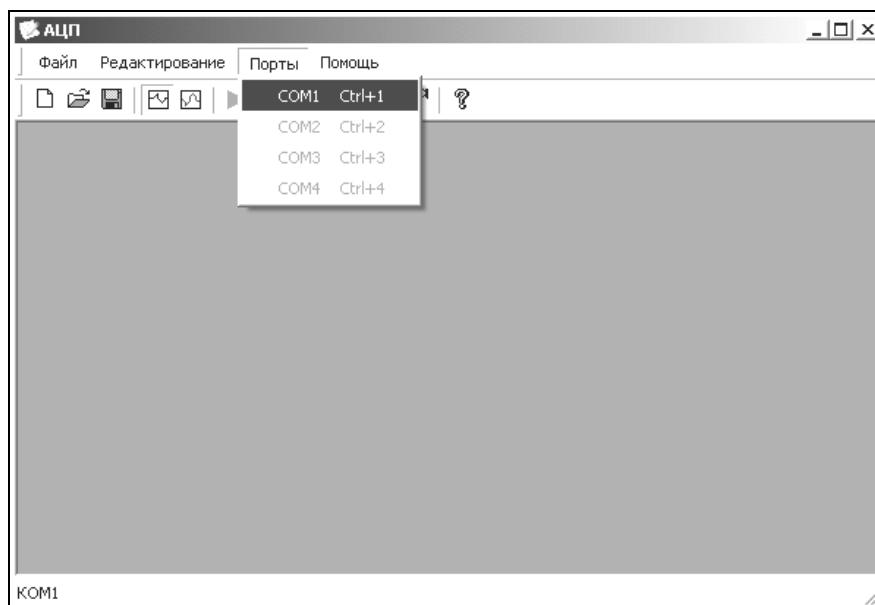



Рис. 77. Окно программы АЦП

2. Управление программой осуществляется тремя функциональными клавишами F9, F10, F11 или пиктограммами на панели  (рис. 78):

F9 – «старт», начало записи текущей мощности;
F10 – «пауза», приостановить запись;
F11 – «стоп», остановка записи.

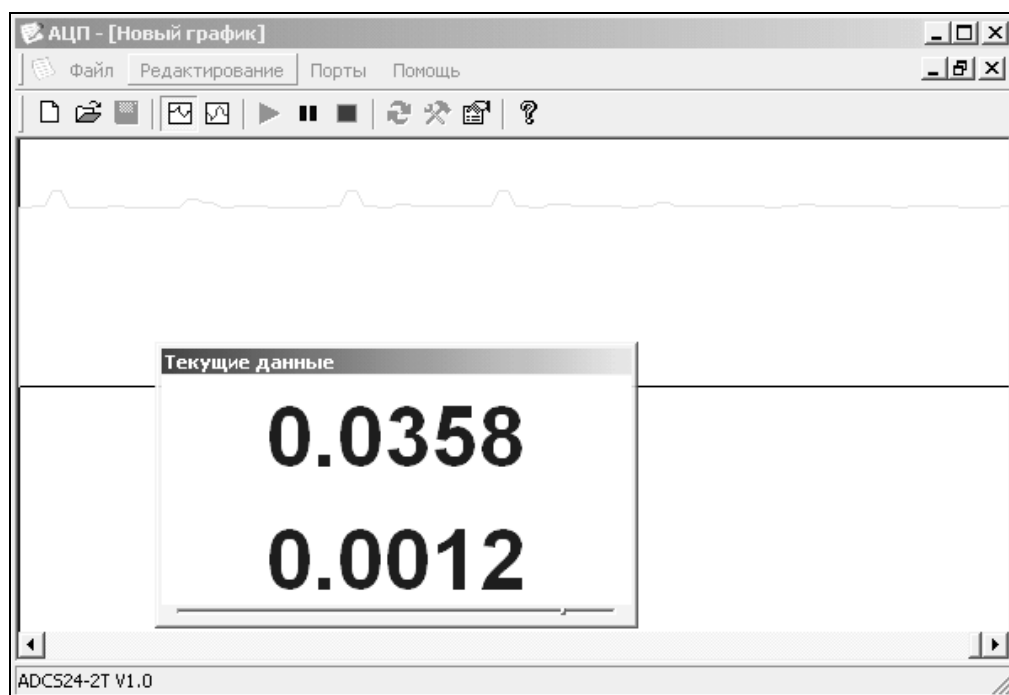


Рис. 78. Окно программы АЦП в режиме измерения мощности

3. Сохранение результатов для дальнейшей обработки производится нажатием «Файл – Сохранение», как показано на рис. 79.

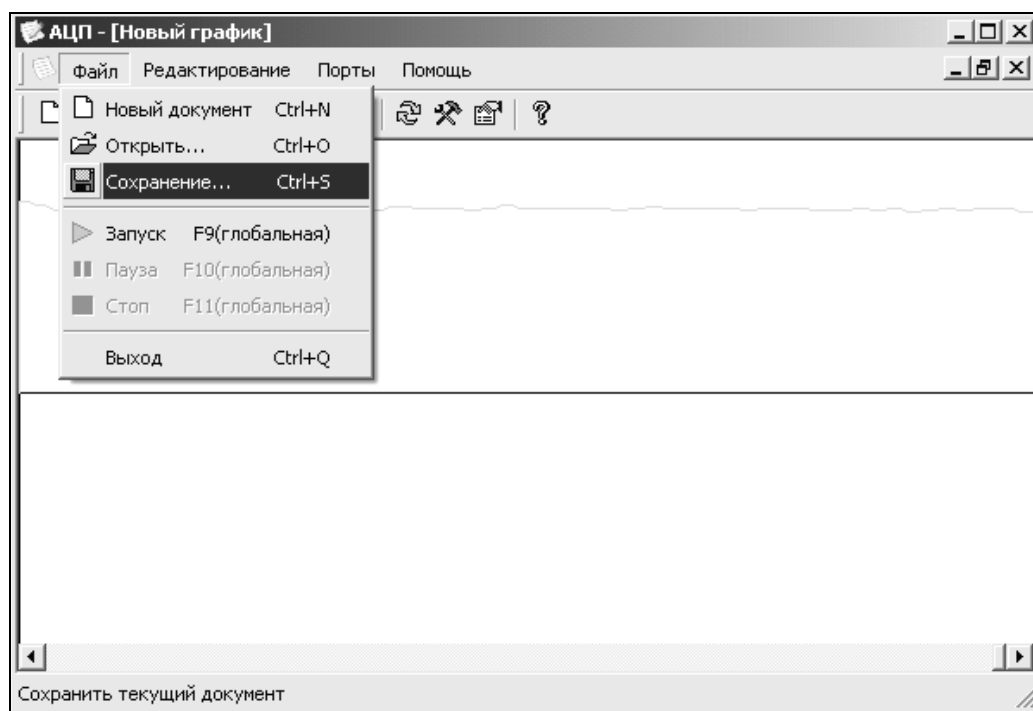


Рис. 79. Окно программы АЦП в режиме сохранения результатов измерения

4. Проанализировать данные по измеренным экспериментальным путем значениям потребляемой электроприводом мощности холостого и рабочего ходов и сравнить их с расчетными теоретическими данными.

5. Построить графические зависимости потребляемой мощности электроприводами станка от указанного преподавателем параметра (скорости резания, толщины стружки и т. д.) и сделать соответствующие выводы (рис. 14, с. 32).

6. Визуально определить полученное качество кромки отверстия на наружной и внутренней поверхности заготовки.

7. По завершении работ отключить машину от электропитания сети (рубильник).

8. Сдать измерительный инструмент преподавателю и привести рабочее место в порядок (убрать мусор, протереть машину от пыли и т. д.).

9. Оформить отчет о лабораторной работе. Форма отчета представлена в приложении 3.

3. Методические указания

Для выполнения лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал по разделу «Сверление», ознакомиться с существующими методиками расчета мощности, необходимой для реализации процесса сверления, проведение оценки качества полученной поверхности. Изучить «Памятку» для работающего на многооперационной машине с ЧПУ (расположена непосредственно на рабочем месте возле машины). Преподаватель выдает индивидуальное задание, образцы заготовок различных пород древесины или древесных материалов и измерительный инструмент для выполнения соответствующих замеров.

4. Контрольные вопросы

1. Цель работы и ее основные задачи.
2. Что понимают под многооперационной деревообрабатывающей машиной?
3. **Какие устройства обеспечивают безопасную эксплуатацию деревообрабатывающей машины Rover B 4.35?**
4. Технологическое назначение сверления. Дать определение используемому инструменту.
5. Классификация сверл по видам. Их назначение, преимущества и недостатки.
6. Кинематика и динамика процесса сверления. Основные расчетные формулы.
7. Что такое угол наклона и угол подъема винтовой канавки, шаг винтовой линии?
8. Как рассчитываются передний угол и угол резания в зависимости от расположения лезвия к оси сверла (под углом меньше или равным 90°)?
9. Что такое G-функции?

10. Какие действия будет совершать станок при выполнении команды N10 X25 Y25 Z30?

11. Как задается скорость шпинделя?

12. Какие системы отсчета (координат) используются при программировании станков?

13. Чем отличаются функции G82 и G83?

14. Как осуществляется контроль и регистрации потребляемой мощности при выполнении рабочих движений?

15. Каким требованиям должна удовлетворять экспериментальная установка?

16. Какие действия необходимо выполнить перед запуском управляющей программы?

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ
НА МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ, КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ
ПОВЕРХНОСТИ, ПЕРИОД СТОЙКОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

I. Цель работы: _____

II. Схема технологического процесса:

III. Схема резания абразивным зерном:

IV. Исходные данные:

Инструмент	Номер зернистости		Основа ленты	Материал зерна	Метод насыпки зерна на основу	Размер ленты, см	
	ГОСТ 3647	Стандарт FEPA				длина	ширина

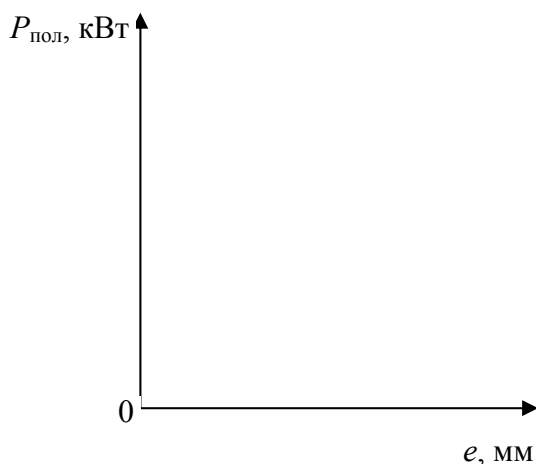
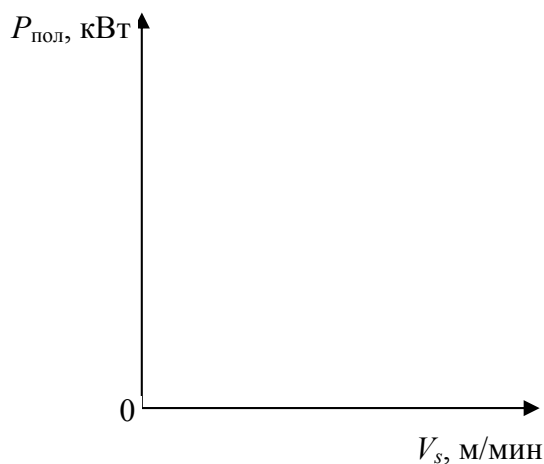
Обрабатываемый материал	Порода	Плотность, кг/м ³	Размер обрабатываемого материала, см			Исходная шероховатость обрабатываемой поверхности Rm_{max} , мкм
			Длина	Ширина	Толщина	

V. Режимы обработки и результаты полученных измерений:

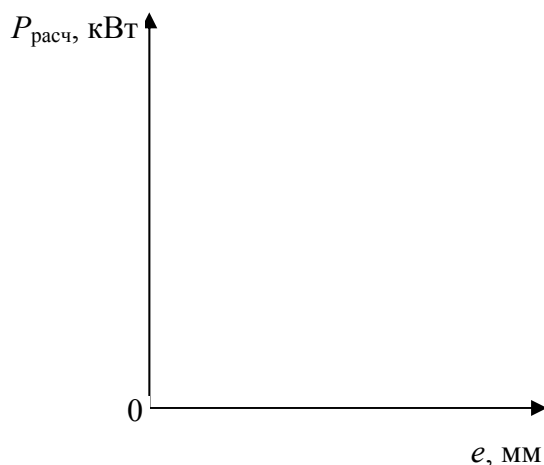
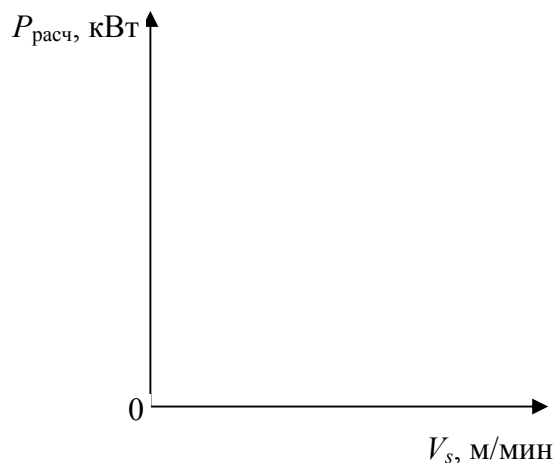
Номер опыта	Режимы обработки				Мощность P , кВт (по данным эксперимента)			Мощность $P_{пол}$, кВт (расчетная)	Шероховатость поверхности после шлифования Rm_{max} , мкм
	V_s , м/мин	n , мин ⁻¹	V , м/с	H , мм	$P_{х.х}$	$P_{р.х}$	$P_{пол}$		
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

VII. Построение графиков:

По данным эксперимента



По расчету



Примечание:

1. В каких координатных осях строить график, указывает преподаватель.
2. Обязательным условием выполнения данной лабораторной работы является определение качества полученной поверхности обработанной заготовки по ГОСТ 15612–85, периода стойкости шлифовальной ленты на заданном режиме обработки.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ:

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ
НА МОЩНОСТЬ И СИЛУ РЕЗАНИЯ, КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ
ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

I. Цель работы: _____

II. Функциональная схема обработки древесины на деревообрабатывающей машине Unimat 23 EL

III. Технологическая схема процесса резания правым вертикальным шпинделем (с указанием всех необходимых данных)

IV. Исходные данные:

Инструмент	Тип	Характеристики ножа, град (мкм)					D , мм	d , мм	z , мм	B , мм
		$\alpha =$	$\beta =$	$\gamma =$	$\delta =$	$\rho =$				

Обрабатываемый материал	Порода	Масса, кг (до)	Размеры до обработки, мм				Плотность материала, кг/м ³	Размеры после обработки, мм			Масса, кг (после)
		m	a	b	L			a_1	b_1	L_1	

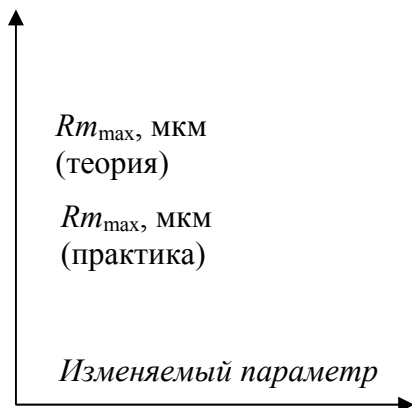
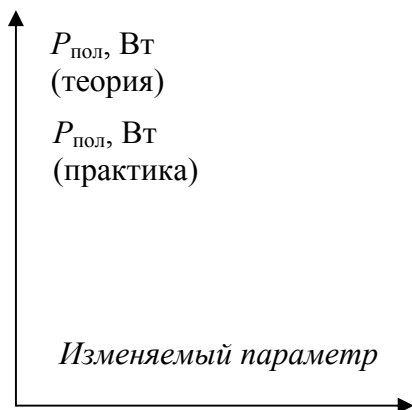
Технологические режимы обработки правым шпинделем	Номер режима	Частота вращения инструмента n , мин ⁻¹	Скорость резания V , м/с	Скорость подачи V_s , м/мин	Припуск на обработку h , мм	Подача на нож S_z , мм	Средняя толщина стружки e , мм
	1						
	2						
	3						

V. Диаграмма снимаемой мощности с двигателя механизма резания

VI. Режимы обработки и результаты полученных измерений:

Номер опыта	Режимы обработки					Мощность P , кВт (по данным эксперимента)			Мощность $P_{\text{пол}}$, кВт (расчетная)	Средняя касательная сила резания F_x , Н	Шероховатость поверхности после шлифования Rm_{max} , мкм
	V_s , м/мин	n , мин ⁻¹	V , м/с	h , мм	e , мм	$P_{x.x}$	$P_{p.x}$	$P_{\text{пол}}$			
1						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
2						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
3						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____
						_____	_____	_____	_____	_____	_____

VII. Построение графиков:



Примечание:

1. В каких координатных осях строить график, указывает преподаватель.
2. Обязательным условием выполнения данной лабораторной работы является определение качества полученной поверхности обработанной заготовки по ГОСТ 15612–85.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ:

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ, СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ
НА ПОТРЕБЛЯЕМУЮ МОЩНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ
ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

I. Цель работы: _____

II. Схема технологического процесса:

III. Исходные данные:

Инструмент			Обрабатываемый материал		
Параметр	Единица измерения	Значение	Параметр	Единица измерения	Значение
Угловые характеристики зуба			Плотность материала	кг/м ³	
α	град		Толщина	мм	
β	град		Ширина	мм	
γ	град		Длина	мм	
ρ	град		Тип покрытия		
Радиус округления лезвия ρ	мкм				

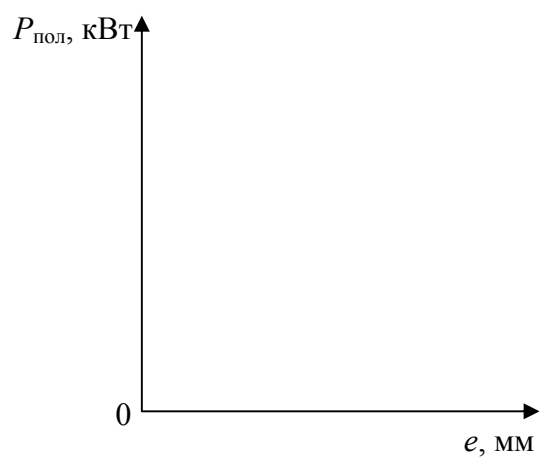
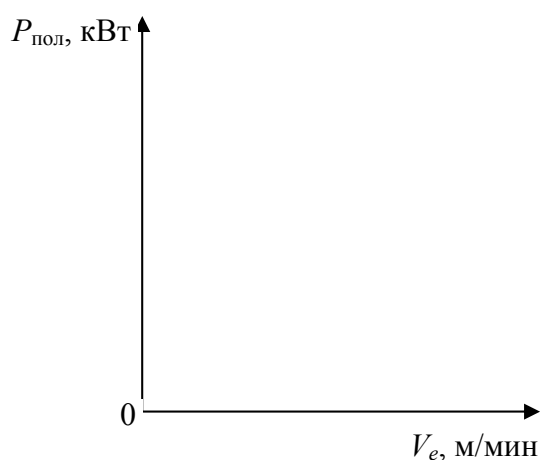
IV. Схема резания с указанием статических и кинематических углов:

V. Управляющая программа процессом резания:

VI. Режимы обработки и результаты полученных измерений:

Номер опыта	Режимы обработки					Мощность P , кВт (по данным эксперимента)			Мощность $P_{\text{пол}}$, кВт (расчетная)
	V_s , м/мин	n , мин ⁻¹	V , м/с	h , мм	e , мм	$P_{\text{х.х.}}$	$P_{\text{р.х.}}$	$P_{\text{пол.}}$	
1									
2									
3									
4									
5									

VII. Построение графиков:



Примечание: в каких координатах осях строить график, указывает преподаватель.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ: _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № __

(Название лабораторной работы)

Выполнил студент(ка) _____

Дата выполнения _____

Проверил _____

Отметка о защите _____

Дата защиты _____

г. Минск 201__

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерные расчеты по охране труда и технической безопасности: учеб.-метод. пособие для студентов химико-технологических специальностей / Б. Р. Ладик [и др.]. – Минск: БГТУ, 2007. – 86 с.
2. Оборудование производственное. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. – Введ. 01.01.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 9 с.
3. Гармаза, А. К. Охрана труда: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальностям лесного профиля / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик. – Минск: БГТУ, 2010. – 366 с.
4. Глебов, И. Т. Дереворежущий инструмент: учеб. пособие для студентов лесотехнических вузов / И. Т. Глебов. – Екатеринбург: Полиграфист, 2002. – 197 с.
5. Бершадский, А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 304 с.
6. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов / В. И. Любченко. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 296 с.
7. Грубе, А. Э. Станки и инструменты по деревообработке. В 2 т. Т. II. Режущие инструменты по механической обработке древесины: учеб. для лесотехнических вузов / А. Э. Грубе. – М.: Гослесбумиздат, 1949. – 700 с.
8. Гришкевич, А. А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания: учеб.-метод. пособие / А. А. Гришкевич. – Минск: БГТУ, 2012. – 111 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ.....	4
Цели и этапы проведения лабораторных работ	4
Организация лабораторных работ	4
Содержание занятий.....	5
Техника безопасности.....	5
ШЛИФОВАНИЕ.....	9
Общие сведения.....	9
Основные расчетные зависимости, используемые при решении конструкторско-технологической задачи	13
<i>Лабораторная работа № 1. Изучение влияния режимов шлифования на мощность резания, качество обработанной поверхности, период стойкости шлифовальной ленты.....</i>	<i>16</i>
ФРЕЗЕРОВАНИЕ.....	33
Общие сведения.....	33
Основные расчетные зависимости, используемые при решении конструкторско-технологической задачи	38
<i>Лабораторная работа № 2. Изучение влияния режимов фрезерования на мощность и силу резания, качество обработанной поверхности при фрезеровании древесины.....</i>	<i>40</i>
СВЕРЛЕНИЕ.....	56
Общие сведения.....	56
Основные расчетные зависимости, используемые при решении конструкторско-технологической задачи	63
<i>Лабораторная работа № 3. Изучение влияния скорости подачи, скорости резания на потребляемую мощность и качество поверхности при сверлении древесины и древесных материалов.....</i>	<i>64</i>
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Отчет о лабораторной работе № 1	80
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Отчет о лабораторной работе № 2	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Отчет о лабораторной работе № 3	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Образец титульного листа	87
ЛИТЕРАТУРА	88

Учебное издание

Гришкевич Александр Александрович
Гаранин Виктор Николаевич

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ
МАТЕРИАЛОВ, УПРАВЛЕНИЕ
ПРОЦЕССАМИ РЕЗАНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *О. П. Приходько*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 21.04.2014. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 7,1.
Тираж 150 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.